

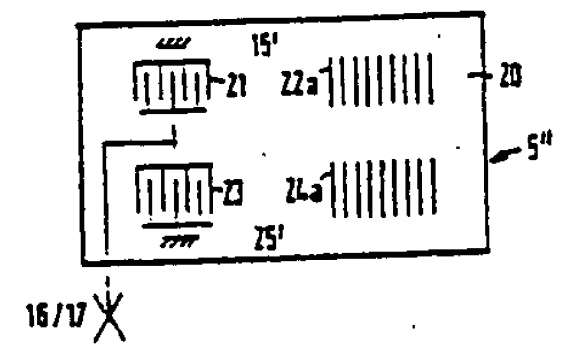
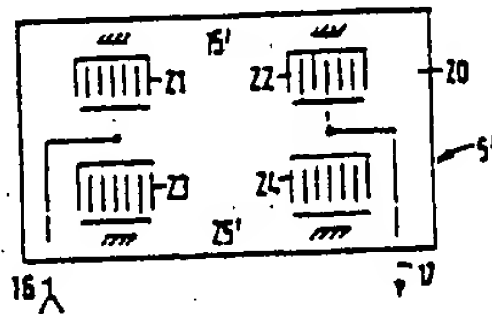
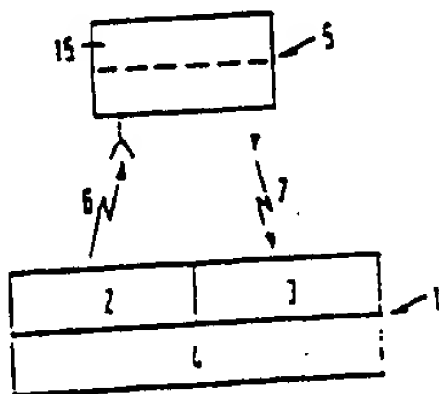


PCT
WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

<p>(51) Internationale Patentklassifikation ⁵ : G06K 7/10, G01S 13/02</p>	A1	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 93/13495</p> <p>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 8. Juli 1993 (08.07.93)</p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE92/01075</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 21. Dezember 1992 (21.12.92)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: P 42 00 076.9 3. Januar 1992 (03.01.92) DE P 42 17 049.4 22. Mai 1992 (22.05.92) DE</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIE-MENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-8000 München 2 (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): REINDL, Leonhard [DE/DE]; Sonnenstraße 14, D-8201 Prutting (DE). MÜLLER, Folkhard [DE/DE]; Schwanthalerstraße 127, D-8000 München 2 (DE). RUPPEL, Clemens [DE/DE]; Geibelstraße 13, D-8000 München 80 (DE). BULST, Wolf-Eckhart [DE/DE]; Hermann-Pünder-Straße 15, D-8000 München 83 (DE). SEIFERT, Franz [AT/AT]; Neuwaldeggerstraße 47, A-01170 Wien (AT).</p>		<p>(81) Bestimmungsstaaten: AU, CA, FI, JP, KR, NO, RU, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</p>

(54) Title: PASSIVE SURFACE WAVE SENSOR WHICH CAN BE WIRELESSLY INTERROGATED

(54) Bezeichnung: PASSIVER OBERFLÄCHENWELLEN-SENSOR, DER DRAHTLOS ABFRAGBAR IST



(57) Abstract

A passive surface wave sensor for obtaining measurement values in which the measurement value is transmitted by radio from the remote point of measurement to an interrogation device (1) which transmits energy by radio to the sensor component (5, 15) as an interrogation pulse. The surface wave sensor of the invention is suitable for contactless measurement value collection. In this sensor a surface wave arrangement is the sensor component and there is a surface wave reference component for phase discrimination and/or propagation time measurement. As a further embodiment there is a sensor operated by chirped transmission signals with chirped reflectors in which there is a reference function in the arrangement replacing the reference component. An embodiment of the sensor with a chirp function has the property of an immanent temperature-compensated sensor (Fig. 12, 13) for measuring physical or similar quantities elsewhere.

(57) Zusammenfassung

Passiver Oberflächenwellen-Sensor zur Meßwertermittlung, bei dem der Meßwert vom entfernten Meßort über Funk an ein Abfragegerät (1) übermittelt wird, das dem Sensorelement (5, 15) als Abfrageimpuls über Funk Energie übermittelt. Der erfindungsgemäße Oberflächenwellen-Sensor eignet sich zur berührungslosen Meßwerterfassung, wobei eine Oberflächenwellen-Anordnung das Sensorelement ist und ein Oberflächenwellen-Referenzelement für Phasendiskrimination und/oder Laufzeitmessung vorgesehen ist. Als Weiterbildung ist ein mit gechirpten Sendesignalen betriebener Sensor mit gechirpten Reflektoren angegeben bei dem eine das Referenzelement ersetzende Referenzfunktion in der Anordnung vorliegt. Eine Ausgestaltung eines Sensors mit gechirpter Funktion hat die Eigenschaft eines immanent temperaturkompensierten Sensors (Figur 12, 13) zur Messung anderweitiger physikalischer oder dgl. Größen.

1

Passiver Oberflächenwellen-Sensor, der drahtlos abfragbar ist.

5

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen passiven Sensor, der nach dem Prinzip akustischer Oberflächenwellen-Anordnungen arbeitet und dessen Sensorsignale über Funk abgefragt werden können.

10

15

20

25

30

35

In vielen technischen Anwendungsfällen ist es wichtig, interessierende Meßgrößen auf drahtlosem Wege und aus einer gewissen Entfernung verfügbar machen zu können, und zwar so, daß das eigentliche verwendete Sensorelement passiv arbeitet, das heißt keiner eigenen Energiequelle bzw. Stromversorgung bedarf. Zum Beispiel interessiert es, die Temperatur der Radlager und/oder der Bremsklötze an einem vorbeifahrenden Zug überwachen bzw. messen zu können. Ein anderer Anwendungsfall ist, das Drehmoment einer rotierenden Welle einer Maschine zu messen. Ein noch anderer, großer Anwendungsbereich liegt in der Medizin und in der Chemie, zum Beispiel den Sauerstoffpartialdruck im Blut eines lebenden Organismus festzustellen oder insbesondere im Bereich des Umweltschutzes Konzentrationen von Lösungsmitteln in Luft und/oder Wasser bereits aus der Ferne erfassen zu können, um solche z.B. in einer Gefahrenzone gewonnenen Meßdaten dann am gefahrlosen entfernten Ort vorliegen zu haben und zu verarbeiten.

Bisher beschrittene Lösungswege sind, aktive Sensoren zu verwenden, die mit Batterie gespeist sind und telemetrisch abgefragt werden bzw. dauernd senden, oder die Überwachung mittels einer Fernsehkamera auf optischem Wege durchzuführen.

1 Seit nahezu zwei Jahrzehnten sind Oberflächenwellen-Anord-
nungen bekannt, bei denen es sich um elektronisch-akusti-
sche Bauelemente handelt, die aus einem Substrat mit zumin-
dest in Teilbereichen der Oberfläche piezoelektrischer Ei-
5 genschaft und aus auf bzw. in dieser Oberfläche befind-
lichen Finger-Elektrodenstrukturen bestehen. In der er-
wähnten Oberfläche werden durch elektrische Anregung, aus-
gehend von einem elektroakustischen (Eingangs-) Interdi-
gitalwandler, akustische Wellen erzeugt. Diese akustischen
10 Wellen verlaufen in dieser Oberfläche und erzeugen in
einem weiteren (Ausgangs-) Wandler aus der akustischen
Welle wieder ein elektrisches Signal. Wesentlich bei
diesen Bauelementen ist, daß durch Wahl der Struktur der
Wandler und gegebenenfalls weiterer auf der Oberfläche
15 angeordneter Strukturen eine Signalverarbeitung des in den
Eingangswandler eingegebenen elektrischen Signals in ein
Ausgangswandler-Signal durchführbar ist. Eingangswandler
und Ausgangswandler können auch ein und dieselbe Wandler-
struktur sein. Es kann ein z. B. breitbandiges Hochfrequenz-
20 signal dem Eingang zugeführt werden und am Ausgang ist ein
dagegen zeitselektives, pulskomprimiertes Signal verfügbar,
dessen zeitliche Lage ein vorgebbares, von (Meßwert-) Para-
metern abhängiges Charakteristikum der betreffenden Ober-
flächenwellen-Anordnung ist.

25 Auf der Basis von akustischen Oberflächenwellen-Anordnun-
gen arbeiten seit Jahrzehnten Identifizierungsmarken (ID-
Tags) (US-A-3273146, US-A-4725841), die über Funk die An-
wesenheit bzw. Identität von Gegenständen bzw. Personen
30 festzustellen ermöglichen und die passiv arbeiten. Dabei
spielt es eine Rolle, daß in einer solchen Oberflächenwel-
len-Anordnung aufgrund des kräftigen piezoelektrischen
Effekts des Substrats das Abfragesignal zwischengespeichert
werden kann und somit keine weitere Stromversorgung der
35 Identifizierungsmarke notwendig ist. Ein von einem Abfra-

1 gegerät ausgesandter elektromagnetischer Hochfrequenz-Ab-
frageimpuls wird von der Antenne der Oberflächenwellen-
Identifizierungsmarke, das heißt des ID-Tags, aufgefangen.

5 Mittels des als Eingang betriebenen elektroakustischen
Interdigitalwandlers der Oberflächenwellen-Anordnung wird
in dieser eine akustische Oberflächenwelle erzeugt. Durch
an jeweilige Vorgabe angepaßt gewählte Strukturen der Ober-
flächenwellen-Anordnung, wobei diese Vorgabe ganz indivi-
10 duell gegeben werden kann, wird die in der Anordnung er-
zeugte Oberflächenwelle moduliert und am Ausgang wird ein
dementsprechend moduliertes elektromagnetisches Signal zu-
rückgewonnen. Über die Antenne der Anordnung läßt sich die-
ses Signal auch in der Entfernung empfangen. Die Oberflä-
15 chenwellen-Anordnung antwortet somit auf den oben erwähn-
ten Abfrageimpuls in einer für die Anordnung fest vorgege-
benen (Grund-) Verzögerung mit einem (individuellen) Hoch-
frequenz-Identifizierungs-Codewort, das über Funk im be-
treffenden Abfragegerät auszuwerten ist. Eine solche An-
20 ordnung ist zum Beispiel in dem oben an erster Stelle ge-
nannten US-Patent aus dem Jahre 1966 beschrieben.

Ganz unabhängig davon ist schon seit ebenfalls mehr als
einem Jahrzehnt bekannt, auf der Basis akustischer Ober-
25 flächenwellen-Anordnungen arbeitende Sensoren als zum
Beispiel Thermometer, Drucksensor, Beschleunigungsmesser,
Chemo- oder Biosensor usw. zu verwenden. Beispiele hierfür
sind in den Druckschriften "IEEE Ultrasonic Symp. Proc.
(1975) pp. 519-522; Proc. IEEE, vol. 64 (1976) pp. 754-756
30 und EP-0361729 (1988) beschrieben. Diese bekannten Anord-
nungen arbeiten auf dem Prinzip eines Oszillators, das
sich von der Arbeitsweise der ID-Tags wesentlich unter-
scheidet und sie benötigen als aktive Anordnungen auch
eine eigene Stromversorgung.

- 1 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Prinzip für
Sensoren mit passiv arbeitenden, das heißt keine eigene
Stromversorgung erfordernden Sensorelementen anzugeben,
die über Funk abgefragt bzw. aus der Ferne berührungslos
5 abgelesen werden können. Insbesondere geht es auch darum,
eine zweckmäßige Referenz für einen Vergleich zu haben
und/oder Unabhängigkeit von unerwünschten Einflüssen; zum
Beispiel Temperaturunabhängigkeit beim Detektieren und
Messen anderer Größen als die der Temperatur zu erreichen.
- 10 Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1
gelöst und Weiterbildungen gehen aus den Unteransprüchen
und insbesondere Anspruch 24 und folgenden hervor.
- 15 Ein Realisierungsprinzip für einen erfindungsgemäßen pas-
siven Oberflächenwellen-Sensor ist, für diesen Sensor (im
Regelfall) wenigstens zwei Oberflächenwellen-Anordnungen
vorzusehen, von denen die eine solche Anordnung als Re-
ferenzelement arbeitet und die andere Anordnung, bzw.
20 mehrere andere Anordnungen, die Funktion des jeweiligen
Sensorelementes haben. Diese Sensorelemente liefern an
ihrem (jeweiligen) als Ausgang arbeitenden Interdigital-
wandler ein Ausgangssignal, das entsprechend der zu mes-
senden Meßgröße gegenüber dem Eingangssignal dieses Sen-
25 sorelements identifizierbar verändert ist. Gemessen werden
können solche Meßgrößen, die die Geschwindigkeit bzw. die
Laufzeit der akustischen Welle in der Oberflächenwellen-
Anordnung beeinflussen. Dieses Eingangssignal ist ein vom
entfernt angeordneten Abfragegerät über Funk ausgesandtes
30 Hochfrequenzsignal, das dem als Eingang arbeitenden Ein-
gangswandler des Sensorelements zugeführt wird. Dieses
Hochfrequenzsignal wird aber auch dem Eingang des zuge-
hörigen Referenzelementes zugeführt, in dem eine dem Sensor-
element entsprechende Signalverarbeitung erfolgt und von
35 dem ebenfalls ein Ausgangssignal abgegeben wird. Dieses

1 Ausgangssignal ist aber nicht (wesentlich) oder in nur
bekannter Weise durch physikalische oder chemische
Effekte/Einwirkung der vom Sensorelement festzustellenden
Meßgröße beeinflusst und ist somit ein verwendbarer Re-
5 ferenzwert.

Aus dem Vergleich des Ausgangssignals dieses Referenzele-
mentes mit dem Ausgangssignal des zugehörigen Sensorele-
mentes bzw. mit dem jeweiligen Ausgangssignal der mehreren
10 zugehörigen Sensorelemente des erfindungsgemäßen passiven
Oberflächenwellen-Sensors gewinnt man zum Beispiel noch an
dem Meßort ein Meßwertsignal. Vorzugsweise ist diese Si-
gnalverarbeitung ein Phasen-und/oder Laufzeitvergleich
oder Frequenzvergleich. Diese Arbeitsweise ist ohne rele-
15 vante äußere Energiezufuhr im erfindungsgemäßen passiven
Oberflächenwellen-Sensor, genauer dessen Sensorelement,
möglich. Die für die Übermittlung des Meßwertes notwendige
Sendeenergie steht nämlich bei der Erfindung wie bei einer
oben beschriebenen Identifizierungsmarke aus der Energie
20 des Abfrageimpulses zur Verfügung.

Der Phasen- und/oder Laufzeitvergleich muß aber nicht un-
bedingt am Ort des Sensorelementes bzw. am Meßort erfol-
gen. Sensorelement und Referenzelement können somit vor-
25 teilhafter Weise auch räumlich voneinander getrennt ange-
ordnet und lediglich über Funk miteinander funktionell
verbunden sein. Der Grund dafür ist, daß gegenüber der
Ausbreitungsgeschwindigkeit der akustischen Welle in einer
Oberflächenwellen-Anordnung die elektromagnetische Aus-
30 breitungsgeschwindigkeit etwa 10^5 mal größer ist. Der Pha-
sen- bzw. Laufzeitfehler ist also bei einer solchen ge-
trennten Anordnung im Regelfall vernachlässigbar klein. Im
übrigen kann bei bekanntem Abstand zwischen Sensorelement
und Referenzelement auch ein entsprechender meßtechnischer
35 Vorhalt vorgesehen sein.

1 Diese zuletzt beschriebene räumlich getrennte Anordnung
ist zum Beispiel in dem Fall von besonderem Vorteil, wenn
eine Vielzahl von Meßstellen an einem gemeinsamen Ort ab-
gefragt werden sollen. Ein dies erläuterndes Beispiel ist
5 zum Beispiel die Messung der Temperatur der Bremsklötze
und/oder Radlager eines an einem vorgegebenen Ort vorbeifahren-
den Eisenbahnzuges. Jedem Bremsklotz bzw. Radlager
ist ein Oberflächenwellen-Sensorelement funktionell und
räumlich zugeordnet. Das Referenzelement befindet sich in
10 dem Abfrage- und Auswertegerät an einem vorgegebenen Ort
entlang des Schienenstranges, auf dem der Zug vorbeifährt.

Im Regelfall werden die Abfrageeinheit einerseits und die
Empfangs- und Auswerteeinheit andererseits räumlich mitein-
15 ander vereinigt angeordnet sein.

Ein ebenfalls zur Erfindung gehörendes Lösungsprinzip be-
steht darin, anstelle eines wie vorangehend beschriebenen
"explizit" vorgesehenen Referenzelementes, die Referenz-
20 funktion "implizit", in das Lösungsprinzip integriert zu
haben. Hier vorerst nur mit wenigen Worten ausgeführt, die
Detailbeschreibung folgt weiter unten, besteht diese
Variante des generellen erfindungsgemäßen Lösungsprinzips
darin, daß wiederum wenigstens zwei als Oberflächenwel-
25 lenstrukturen ausgebildete Elemente mit sensitiver Eigen-
schaft vorgesehen sind, man diese aber derart "gegeneinan-
der" wirksam werden läßt, daß eine integrale Funktions-
weise beider Strukturen sowohl die Sensorfunktion (ver-
gleichsweise der Funktion des klassischen Sensorelements)
30 als auch die Referenzfunktion (des klassischen Referenz-
elementes des vorausgegangenen beschriebenen Systems) um-
faßt.

Eine dazu noch weitergehende Fortentwicklung der Erfindung
35 bestent darin, eine Kombination aus Sensorelement und Re-

1 ferenzelement, wie sie zum eingangs beschriebenen System
erläutert sind, für die Überwachung/Messung einer vorgege-
benen physikalischen Größe wie zum Beispiel einer mechani-
schen Größe, einzusetzen, diese Elemente aber so auszuwäh-
5 len und so zu betreiben, daß durch integrale Funktions-
weise, ähnlich dem voranstehend erläuterten Lösungsprinzip,
eine unerwünschterweise auftretende weitere physikalische
Größe, die die Geschwindigkeit der akustischen Welle(-n)
in der Oberflächenwellenstrukturen beeinflusst, wie z. B.
10 der Temperatureinfluß, wegkompen siert werden kann. Auch
dazu enthält die weiter unten gegebene Detailbeschreibung
die weiteren Ausführungen für den Fachmann.

15 Die bei der Erfindung vorgesehenen passiven Signalauswer-
tungen sind zum Beispiel eine Phasendiskrimination, eine
Signalmischung, eine Frequenzmessung und dgl. Die verwen-
deten Oberflächenwellen-Anordnungen sind Basiselemente eines
Referenzelementes und wenigstens eines Sensorelements bzw.
die Elemente einer Kombination mit integral, implizit ent-
20 haltener Referenzfunktion. Es sind dies mit Oberflächenwel-
len arbeitende Filter. Diese Oberflächenwellenfilter kön-
nen Resonatoren, Verzögerungsleitungen, auch solche disper-
siver Art, phase shift keying - (PSK-) Verzögerungsleitun-
gen und/oder Convolver sein. Insbesondere sind diese Ober-
25 flächenwellen-Anordnungen vorteilhafter Weise als verlust-
arme Low-Loss-Filter ausgebildet. Für das Lösungsprinzip
mit integraler impliziter Referenzfunktion und auch für
die Weiterbildung mit zum Beispiel Temperaturkompensation
sind gechirpte Reflektor- und/oder Wandlerstrukturen ge-
30 eignet.

35 Diese Oberflächenwellen-Anordnungen arbeiten mit Nutzung
des piezoelektrischen Effekts des Substratmaterials bzw.
einer auf einem Substrat befindlichen piezoelektrischen
Schicht. Als piezoelektrisches Material eignen sich außer

1 dem besonders temperaturunabhängig frequenzstabilen Quarz
vor allem aber auch solches mit hoher piezoelektrischer
Kopplung, wie das Lithiumniobat, Lithiumtantalat, Lithium-
tetraborat und dgl. (als Einkristall), Zinkoxid, insbe-
5 sondere für Schichten, und piezoelektrische Keramik, die
aber dafür erhebliche Temperaturabhängigkeit haben.

Es ist oben bereits davon gesprochen worden, daß das Re-
ferenzelement und das eine Sensorelement bzw. die mehreren
10 Sensorelemente räumlich miteinander vereinigt angeordnet
sein können. Ein Vorteil einer solchen Anordnung ist, daß
die Phasen- und/oder Laufzeitauswertung und dgl. weitge-
hend frei von äußeren Störungen ausgeführt werden kann,
bzw. äußere Störungen zum Beispiel durch geeignete Abschir-
15 mungen auf ein Minimum herabgedrückt werden können. Natür-
lich muß dabei dafür Sorge getragen sein, daß das Refe-
renzelement wenigstens weitestgehend von dem physikali-
schen Einfluß frei ist, den die zu messende Größe ausübt,
die zum Beispiel die Temperatur ist. Dazu können zum Bei-
20 spiel das Referenzelement und das eine oder die mehreren
Sensorelemente auf voneinander getrennten Substraten an-
geordnet sein und nur das jeweilige Sensorelement ist dem
Einfluß der Meßgröße ausgesetzt. Für Temperaturmessungen
kann zum Beispiel auch vorgesehen sein, für das Referenz-
25 element Quarz als Substrat zu verwenden, wohingegen für
das oder die Sensorelemente Lithiumniobat oder ein anderes
Substratmaterial vorgesehen ist, das relativ große Tempe-
raturabhängigkeit aufweist. Temperaturveränderungen des
Quarz-Substrates des Referenzelementes wirken sich auf
30 dessen Ausgangssignal für viele Fälle noch vernachlässig-
bar aus.

Es kann zur (Temperatur-) Kompensation auch vorgesehen
sein, Korrekturvorgaben zu machen. Dies kann zum Beispiel
35 dadurch erreicht werden, daß mittels eines der Sensorele-
mente die augenblickliche Temperatur der ganzen Oberflä-

1 chenwellenanordnung ermittelt wird und dieser Temperaturwert als Vorgabe für die Korrektur der Meßwerte derjenigen übrigen Sensorelemente herangezogen wird, die andere physikalische Größen messen.

5 Auch für das System mit integraler, impliziter Referenzfunktion oder dessen Weiterbildung mit zum Beispiel integraler Temperaturkompensation, ist die vereinigte Anordnung der Elemente zweckmäßig und in der Regel zum Erreichen hoher Genauigkeit sogar erforderlich.

10 Zur Steigerung der Übertragungsmöglichkeiten zwischen der erfindungsgemäßen Sensoranordnung (mit oder ohne darin enthaltenem Referenzelement) empfiehlt es sich, daß an sich bekannte Bandsprenzverfahren anzuwenden und angepaßte Filter (matched filter) mit Pulskompression vorzusehen.

20 Für Oberflächenwellen-Anordnungen ist es bekannt, diese so zu konzipieren, daß Rayleigh-Wellen, Oberflächen-Scherwellen, Oberflächen-Leckwellen und dgl. erzeugt und ausgewertet werden.

25 In den Fällen, in denen von einem Abfragegerät mehrere Oberflächenwellen-Sensorelemente abgefragt werden sollen, zum Beispiel mehrere verschiedene Meßgrößen und/oder die gleiche Meßgröße an verschiedenen Orten und/oder Objekten, festgestellt werden sollen, können den einzelnen (Sensor-) Elementen vorteilhafterweise außerdem auch Identifizierungsfunktionen hinzuintegriert sein. Diese Integration kann auf einem getrennten Substratchip oder in vielen 30 Fällen vorteilhafter Weise auch auf demselben Substratchip ausgeführt sein. Diese Identifizierungsfunktion entspricht einer solchen, wie sie bei eingangs beschriebenen ID-Marken erläutert worden ist. Eine solche Identifizierungsfunktion kann bei der Erfindung so ausgeführt sein, daß diese 35 Identifizierungsfunktion zusätzlich in die für die Erfin-

1 dung vorgesehene Oberflächenwellenstruktur integriert ist
oder daß zwischen Signaleingang und Signalausgang der für
die Erfindung verwendeten Oberflächenwellen-Anordnung noch
eine entsprechende zusätzliche (Identifizierungs-) Struk-
5 tur eingefügt ist. Zum Beispiel kann dies zweckmäßiger Wei-
se für das jeweilige Sensorelement vorgesehen sein. Bei
zueinander fest zugeordnetem Sensorelement und Referenz-
element kann auch das Referenzelement diese Identifizie-
rungsfunktion enthalten. Eine andere bei der Erfindung
10 anwendbare Maßnahme ist diejenige, die Frequenz des eigent-
lichen Meßsignals und diejenige des Identifizierungssi-
gnals voneinander verschieden hoch zu wählen. Mit dieser
Maßnahme können solche gegenseitigen Störungen vermieden
werden, die ansonsten für den Einzelfall nicht von vorn-
15 herein völlig auszuschließen sind und gegebenenfalls der
Berücksichtigung bedürfen. Im Funkbereich eines jeweiligen
für die Erfindung vorgesehenen Abfragegerätes kann man in
den Fällen, in denen mehrere erfindungsgemäße Oberflächen-
wellen-Sensoren (Sensorelemente) vorgesehen sind, die von-
20 einander verschiedene Meßwerte zu liefern haben, dafür Vor-
kehrung treffen, daß jeder dieser erfindungsgemäßen Sen-
soren auf einer eigenen zugeordneten Frequenz arbeitet,
erst nach einer jeweils bestimmten Grundlaufzeit (Verzö-
gerungszeit gegenüber dem Abfrageimpuls) antwortet und/
25 oder auf individuelle Sende-Impulsfolge angepaßt ist. Es
kann auch vorgesehen sein, Sensorelemente und Antenne
räumlich zu trennen und nur durch ein hochfrequenzleiten-
des Kabel und/oder auch durch die elektrisch leitfähige
Wandung eines Behälters hindurch zu verbinden.

30

Es kann für mehrere erfindungsgemäße Sensoren ein und die-
selbe Antenne verwendet werden. Es kann auch vorgesehen
sein, die Antenne auf dem (jeweiligen) Substrat des be-
treffenden Oberflächenwellen-Sensors (-Sensorelementes) in
35 integrierter Ausführung anzuordnen.

1 Durch Verwendung gechirpter Oberflächenwellenstrukturen,
insbesondere gechirpter Reflektorstrukturen können weitere
vorteilhafte Effekte mit einem Sensor des Prinzips der Er-
findung erzielt werden. Zum einen ermöglicht die Verwendung
5 gechirpter Reflektorstrukturen und/oder Wandler anstelle
von ungechirpten Strukturen eine größere Sensitivität eines
erfindungsgemäßen Sensors zu erzielen. Mit Verwendung daran
angepaßt gechirpten Abfragesignalen ist außerdem Kompression
der Antwortsignale zu erreichen, was unter anderem auch die
10 Auswertung erleichtert. Mit einem up-chirp-Abfragesignal
mit einer dazu ermittelbaren bzw. zu ermittelnden Chirprate
und dazu angepaßter down-chirp-Struktur im Sensor kann sogar
eine echte, d. h. eine nicht lediglich durch Kompensation
erzielte Temperaturunabhängigkeit gezielt genutzt werden.

15

Weitere Erläuterungen der Erfindung gehen aus der
Beschreibung zu beigefügten Figuren hervor.

20

Figur 1 zeigt eine Ansicht einer prinzipiellen Realisie-
rung eines erfindungsgemäßen Oberflächenwellen-
Sensors.

25

Die Figuren 2a und 2b zeigen integrierte Ausführungen
mit einem Referenzelement und einem Sensorelement.
Bei entsprechender Ausführung dieser Elemente und
mit sich daraus ergebender anzuwendender Betriebs-
weise gibt Figur 2 auch ein Beispiel für das Sy-
stem mit impliziter Referenzfunktion.

30

Die Figuren 3a und 3b zeigen Ausführungen mit auf verschie-
denen Substraten angeordnetem Referenzelement und
Sensorelement.

35

Figur 4 zeigt eine Ausführung zur Erfindung, bei der sich
das Referenzelement im Abfragegerät befindet.

1 Figur 5 zeigt eine Ausführungsform mit zusätzlicher Iden-
tifizierungsfunktion mit unterschiedlichen Fre-
quenzen oder (insbesondere bei gleicher Frequenz)
mit unterschiedlichen Laufzeiten von Sensor- und
5 Identifizierungssignal.

Figur 6 zeigt ein Prinzipbild für eine Ausführung mit
einem Abfragegerät und mehreren erfindungsgemäßen
Oberflächenwellen-Sensoren bzw. einem Sensorarray
10 mit mehreren Einzelsensoren, die mit unterschied-
lichen Frequenzen arbeiten:

Figur 7 zeigt eine weitere Anordnung mit zusätzlicher, auf
dem Sensor befindlicher Einrichtung zur passiven
15 Signalverarbeitung.

20

25

30

35

- 1 Figur 8 zeigt zur Weiterbildung der Erfindung das Prinzip
des Sendens und des Empfangens mit gechirpten Si-
gnalen.
- 5 Die Figuren 9a und 9b zeigen Ausführungsformen zur Figur 8.
- Figur 10 zeigt eine graphische Darstellung zum Prinzip
nach Figur 8.
- 10 Fig. 10a zeigt eine graphische Darstellung, aus der die
Erhöhung der Sensitivität durch Verwendung ge-
chirpter Strukturen erkennbar ist,
- Figur 11 zeigt eine weitere Ausführungsform eines
15 zugehörigen Sensors und
- Figur 12 zeigt einen temperaturkompensierten Sensor gemäß
einer ersten Weiterbildung.
- 20 Figur 13 zeigt einen temperaturkompensierten Sensor gemäß
einer zweiten Weiterbildung.
- Die Figuren 14 und 15 zeigen Ausführungsformen mit
codierten Strukturen.
- 25 Figur 1 zeigt mit 1 bezeichnet das Abfragegerät, das ein
Anteil des erfindungsgemäßen passiven Oberflächenwellen-
Sensors ist. Dieses Abfragegerät 1 enthält als Anteile
einen Sendeteil 2, einen Empfangsteil 3 und den das Aus-
wertegerät 4 bildenden weiteren Anteil. Mit 5 ist der
30 eigentliche passive Sensor mit Oberflächenwellenanordnung
bezeichnet. Im Betrieb besteht die Funkverbindung 6 vom
Sendeteil 2 zum Sensor 5 und die Funkverbindung 7 vom
Sensor 5 zum Empfangsteil 3. Die für die Funkverbindung 7
erforderliche Energie ist in dem auf dem Funkweg 6 zum
35

1 Sensor 5 übertragenen Signal enthalten. Der Sensor 5 be-
findet sich am Meßort und zumindest dessen Sensorelement
15, das wenigstens ein Anteil des Sensors 5 ist, ist dem
zu messenden physikalischen, chemischen oder dgl. Einfluß
5 ausgesetzt.

Figur 2a zeigt ein Oberflächenwellen-Substrat 5' mit zwei
Oberflächenwellenanordnungen 15' und 25'. Die Oberflächen-
wellen-Interdigitalwandler 21 und 22 sind jeweilige Ein-
gangswandler und Ausgangswandler des Sensorelementes 15'.
10 Mit 23 und 24 sind die entsprechenden Interdigitalwandler
des Referenzelementes 25' bezeichnet. Mit 16 und 17 sind
die Antennen angegeben, die zum Empfang des Funksignals
des Weges 6 und zur Abstrahlung des Signals des Funkweges
15 7 dienen. Gegebenenfalls kann es ausreichend sein, als An-
tenne 16 und/oder 17 lediglich eine Leiterbahn oder eine
Dipolantenne auf dem Oberflächenwellen-Substrat 20 vorzu-
sehen. Es kann aber auch eine übliche Antenne vorgesehen
sein. Die Figur 2 zeigt eine integrierte Ausführung des
20 Sensors als eine Ausführungsform des Sensors 5 der Figur 1.

Figur 2b zeigt eine der Figur 2a entsprechende Ausge-
staltung mit Reflektoren 22a und 24a anstelle der Wandler
22 und 24. Hier sind die Wandler 21 und 23 Eingang und
25 Ausgang der Oberflächenwellenanordnung dieser Figur.

Figur 3a zeigt eine Anordnung mit Sensorelement und Referen-
zelement am Meßort. Mit 30 ist ein Trägermaterial für
das piezoelektrische Oberflächenwellen-Substrat 130 des
30 Sensorelementes 15'' und für das piezoelektrische Oberflä-
chenwellen-Substrat 230 des Referenzelementes 25'' bezeich-
net. Die Wandlerstrukturen 21-24 können gleich denen der
Ausführungsform der Figur 2 sein.

35 Zum Beispiel ist das Substrat 130 ein solches aus Lithium-

1 niobat, Lithiumtantalat und dgl. Dieses Material ist stark
temperaturabhängig hinsichtlich seiner für Oberflächenwel-
len maßgeblichen Eigenschaften. Insbesondere kann, aller-
5 dings ganz entgegengesetzt der üblichen Praxis für Ober-
flächenwellenanordnungen, ein solcher Schnitt des Kristall-
materials gewählt werden, der große Temperaturabhängigkeit
zeigt. Für einen Temperatursensor ist hier für das Sub-
strat 230 des Referenzelementes zweckmäßiger Weise Quarz
zu verwenden, das wenig temperaturabhängig ist.

10 Mit 16 und 17 sind wieder die Antennen bezeichnet.

Figur 3b zeigt eine der Figur 3a entsprechende Ausführungs-
form mit Reflektoren 22a und 24a wie in Figur 2b und an-
15 stelle der Wandler 22 und 24.

Die Figur 4 zeigt eine Ausführungsform, bei der - wie oben
als eine Möglichkeit der Realisierung der Erfindung be-
schrieben - das Referenzelement 25 als zusätzlicher Anteil
20 im Abfragegerät 1' enthalten ist. Das passive Oberflächen-
wellen-Sensorelement mit seinem Substrat 130' ist mit 15
bezeichnet. Mit 16 und 17 bzw. 116 und 117 sind die betref-
fenden Antennen des Sensorelementes und des Abfragegerätes
bezeichnet. Es sind Schalter 41-43 vorgesehen, die für die
25 jeweilige Betriebsphase zu schließen sind, um den Phasen-
und/oder Laufzeitvergleich zwischen (jeweiligen) Sensorele-
ment 15 und Referenzelement 25 ausführen zu können.

Die Figur 5 zeigt eine prinzipiell der Ausführungsform der
30 Figur 4 entsprechende erfindungsgemäße Anordnung, die aber
noch zusätzlich Mittel zur Realisierung einer Identifizie-
rungsfunktion enthält. Das Abfragegerät mit darin enthalte-
nem Referenzelement 25 ist wieder mit 1' bezeichnet. Mit 6
ist die Funkverbindung vom Abfragegerät 1' zum Sensor 15₁
35 bezeichnet. Der Sensor 15₁ umfaßt zwei Sensorelemente 115

1 und 115'. Das Sensorelement 115 ist auf eine erste Frequenz f_1 konzipiert. Das Sensorelement 115' enthält eine mit 26 bezeichnete Codierungsstruktur. Die Eingänge und Ausgänge der beiden Sensorelemente 115 und 115' sind bezüglich der Antenne 16 parallel geschaltet. Die Funkverbindung zum Auswertegerät 1' ist wieder mit 7 bezeichnet.

10 Entsprechend der Codierung liefert die akustische Wegstrecke des Sensorelementes 115' ein charakteristisches Antwortsignal. Die beiden Sensorelemente 115 und 115' können auch verschiedene Grundlaufzeit oder auch sowohl unterschiedliche Frequenz als auch verschiedene Grundlaufzeit besitzen.

15 Als Prinzipbild zeigt die Figur 6 eine Darstellung mit mehreren Sensorelementen $15_1, 15_2, 15_3$ bis 15_N , die alle (gleichzeitig) im Funkfeld des Abfragegeräts liegen. Für jedes dieser Sensorelemente ist eine eigene Frequenz f_1, f_2, f_3 bis f_N vorgegeben. Das Abfragegerät 1, 2' enthält die zum Abfragen der Sensorelemente $15_1 \dots 15_N$ und zur Verarbeitung der von diesen Sensorelementen empfangenen Meßwertsignale notwendigen Schaltungsanteile. Mit jedem einzelnen Sensorelement 15_1 bis 15_N kann separat je eine physikalische Größe gemessen werden.

25 Figur 7 zeigt eine weitere Anordnung zur Erfindung. Es ist eine Anordnung mit passiver Signalverarbeitung, zum Beispiel Auswertung mit Phasendiskrimination. Auf dem Chip bzw. Träger 30 befinden sich das Sensorelement 15 und das Referenzelement 25. Der Phasendiskriminator ist mit 11 bezeichnet und ist (ebenfalls) auf dem Träger 30 angeordnet. Die Antenne übermittelt das Diskriminatorsignal.

35 Nachfolgend werden weitere Einzelheiten zu dem schon weiter oben beschriebenen weiteren Lösungsprinzip mit

- 1 integrierter, impliziter Referenzfunktion der verwendeten
Oberflächenwellenstrukturen bzw. -elemente, und zwar am
Beispiel eines Temperatursensors, beschrieben. Dieses
Lösungsprinzip ist aber keineswegs auf die Temperatur-
5 messung beschränkt, sondern kann auch angewendet werden
zur Messung von Kräften, Druckwerten, Licht, Korpuskular-
strahlung, Feuchte und Gasballast. Zur Messung solcher
physikalischer Größen kann zusätzlich auch eine physi-
kalisch, chemisch und/oder biologisch aktiv wirksame
10 Schicht vorgesehen sein, die ihrerseits auch zusätzlich
signalverstärkend effektiv sein kann. Eine solche Schicht
kann auf der Substratoberfläche auf vorgesehene Oberflächen-
wellenanordnungen aufgebracht sein.
- 15 Wie schon oben beschrieben, umfaßt das System dieses
weiteren Lösungsprinzips ebenfalls Oberflächenwellen-
Sensorelemente- und zugehörige Abfragegeräts mit Sende-
teil, Empfangsteil und Auswerteteil. Es sind gechirpte
Oberflächenwellenstrukturen im Sensor enthalten. Für ein
20 Abfragesignal hat eine solche Struktur bekanntlich nicht
nur eine bestimmte Laufzeit t , sondern innerhalb der
Struktur auch einen von der Frequenz des Abfragesignals
abhängigen Ort der Antwort. Sowohl Laufzeit (wie bei den
bisher beschriebenen Ausführungsbeispielen) als auch dieser-
25 ort sind abhängig von äußeren Einflüssen, d. h. abhängig
von mit dem Sensor aus diesem Grunde detektierbaren Meß-
größen, die die Laufzeit beeinflussen. Eine solche Meß-
größe ist z. B. die Temperatur des Sensors.
- 30 Von dem Abfragegerät wird ein Abfragesignal ausgesendet
und von den Oberflächenwellenstruktur empfangen, das vor-
zugsweise gechirpt ist. Es handelt sich dabei um ein Hoch-
frequenzsignal, das in einer vorgegebenen Bandbreite
während des Abfrage-Zeitintervalls sich von dem einen Fre-
35 quenzgrenzwert zum anderen Frequenzgrenzwert verändernde

1 Frequenz hat. Der Begriff "chirp" ist im übrigen bekannt
aus: Meinke, Gundlach "Taschenbuch der Hochfrequenz-
technik", Kapitel Q 61 und L 68. Die vorgesehenen Ober-
flächenwellen-Elemente und der Frequenzbandbereich des
5 Abfragesignals sind aufeinander angepaßt.

Figur 8 zeigt ein Prinzipbild einer Weiterbildung. Mit 1
ist wieder das Abfragegerät mit Sendeteil 2, Empfangsteil
3 und Auswerteteil 4 bezeichnet. Zweckmäßigerweise gleich-
10 zeitig oder aber auch nacheinander werden hier zwei Ab-
fragesignale ausgesendet, von denen das eine ein up-chirp-
Signal (steigende Frequenzmodulation) und das andere ein
down-chirp-Signal (fallende Frequenzmodulation) ist. Der
Sendeteil sendet also zum Beispiel gleichzeitig zwei Sende-
15 impulse 101 und 102 aus, von denen der eine das up-chirp-
Signal und der andere das down-chirp-Signal ist. Der Sen-
sor 5 empfängt diese beiden geschirpten Signale. Vom Sensor
5 werden zwei Antwortsignale 103 und 104 ausgesandt, die
in den Empfangsteil 3 des Abfragegeräts 1 zurückgelangen.

20 Figur 9a zeigt als ein Beispiel eine Ausführungsform eines
zu diesem Prinzip zugehörigen Sensors 5 mit einem Wandler
121 mit der Antenne 16 und mit zwei Oberflächenwellen-Re-
flektoranordnungen, die dem Wandler zu einer kompletten
25 Oberflächenwellen-Anordnung zugeordnet sind und sich auf
dem Substrat dieser Anordnung bzw. des Sensors 5 befinden.
Wie aus der Figur 9a ersichtlich, handelt es sich um ge-
chirpte Reflektoren mit sich über den Reflektor hinweg ent-
sprechend ändernder Periodizität (und ändernder Streifen-
30 breite). Ihre Anordnung bezüglich des Wandlers 121 ist so
gewählt, daß bei der Reflektorstruktur 124 deren hoch-
frequentes Ende (down-chirp-Struktur) und bei der Reflektor-
struktur 125 deren niederfrequentes Ende (up-chirp-
Struktur) dem Wandler 121 zugewandt ist. Der Reflektor 124
35 wirkt als Kompressor für das down-chirp-Signal und der
Reflektor 125 als Kompressor für das up-chirp-Signal.

1 Das (gleichzeitige) Aussenden der beiden gechirpten
(schmalbandigen) Abfragesignale, deren jeweilige Dis-
persion ihrer zugehörigen Reflektorstruktur des Sensors
angepaßt ist, führt in einer Anordnung wie in Figur 9a
5 gezeigt dazu, daß über den Wandler 121 und die Antenne 16
zwei zeitlich komprimierte (breitbandige) Impulse als Ant-
wortsignal der Oberflächenwellen-Anordnung zurückgesandt
werden. Es kann auch mit Abfrageimpulsen oder nicht dis-
persivem Abfragesignal(-en) gearbeitet und zum Laufzeit-
10 unterschied als Sensorergebnis führender Signal-Weiterver-
arbeitung gearbeitet werden.

Der zeitliche Abstand der Antwortimpulse voneinander ist
bei gegebener gechirpter Anordnung der Reflektorstreifen
15 der Reflektorstrukturen 124, 125 abhängig von der Fortpflan-
zungsgeschwindigkeit der akustischen Welle in der Oberflä-
che des Substratmaterials des Sensors. Ändert sich die
Fortpflanzungsgeschwindigkeit, zum Beispiel bei sich
ändernder Temperatur des Substratmaterials oder durch zu
20 messende Gasbelastung und dgl., so ändert sich der Zeit-
abstand der beiden genannten Impulse. Das Impulssignal,
das aus dem chirp-down-Signal entstanden ist, gelangt (ab
einer gewissen Mindestchirprate) nach kürzerer Zeit in das
Abfragegerät 1 als ein ungechirptes Signal. Entsprechend
25 kommt ein Impulssignal, das aus dem chirp-up-Signal ent-
standen ist, nach noch längerer Zeit als das ungechirpte
Signal im Abfragegerät an.

Die Figur 9b zeigt eine der Figur 9a entsprechende Ausfüh-
30 rungsform mit gechirpten Wandlern 124a und 125a anstelle
der gechirpten Reflektoren 124 und 125. Diese Wandler 124a
und 125a sind als Ausgang geschaltet. Es können aber auch
alle drei Wandler 121, 124a und 124b parallelgeschaltet
als Eingang und Ausgang genutzt sein.

1 Nachfolgend werden die dazugehörigen mathematischen Zusammenhänge dargelegt.

5 Anhand der Figur 10 wird der Zusammenhang von Laufzeitunterschied Δt , Chirprate B/T (mit T gleich der zeitlichen Länge des Chirps) und Temperaturänderung $\Delta \theta$ für ein Teilsystem mit positiver Chirprate B/T abgeleitet. Die Figur 10 zeigt die Augenblicksfrequenzen f der Impulsantwort des Sensors (nur das up-System) bei einer Temperatur θ und einer höheren Temperatur $\theta + \Delta \theta$. Das Abfragegerät 1 sendet das Abfragesignal mit der temperaturunabhängigen Mittenfrequenz f_0 aus, die bei der höheren Temperatur $\theta + \Delta \theta$ um die Zeitdifferenz Δt längere Laufzeit hat.

15 In Figur 10 dargestellt in der Frequenz/Zeitebene, ist der chirpunabhängige Temperatureffekt vernachlässigt, nämlich daß auch die mittlere Laufzeit t_0 durch die höhere Temperatur verlängert wird. Berücksichtigt man auch diesen Effekt, so berechnet sich die Laufzeit des Signals mit positiver Frequenzmodulation im Sensor zu

$$t_{up}^{\theta} = t_{up}^0 + \frac{T}{B} \cdot f + t_{up}^0 \theta_k \cdot \Delta \theta \quad (1)$$

$$f = f_0 \theta_k \cdot \Delta \theta$$

25

dabei sind

30 f_0 Mittenfrequenz
 θ_k Temperaturkoeffizient des Substratmaterials
 t_{up}^0 mittlere Laufzeit für $\Delta \theta = 0$
 θ Temperaturdifferenz des Sensors zu einer gewissen vorgegebenen Temperatur θ

35

1 Durch Einsetzen und Ausklammern ergibt sich

$$t_{up}^{\theta} = t_{up}^0 + \left(\frac{T}{B} \cdot f_0 + t_{up}^0 \right) \theta_k \cdot \Delta \theta \quad (2)$$

5 An dieser Formel ist zu erkennen, daß das Chirpsystem bei $t_{up}^0 = T$ eine um den Faktor f_0/B , d. h. um die reziproke relative Bandbreite größere Zeitverschiebung liefert, als ein ungechirptes System. Für das down-System gilt analog zum up-System.

10

$$t_{down}^{\theta} = t_{down}^0 + \left(-\frac{T}{B} \cdot f_0 + t_{down}^0 \right) \theta_k \cdot \Delta \theta \quad (3)$$

und für das Gesamtsystem ergibt sich als Zeitverschiebung t_{tot} der Impulssignal, die durch Kompression aus den up- und down-Chirp-Signalen entstanden sind:

15

$$\Delta t_{tot}^{\theta} = t_{up} - t_{down} = t_{up}^0 - t_{down}^0 + (2 T f_0 / B + (t_{up}^0 - t_{down}^0)) \theta_k \cdot \Delta \theta \quad (4)$$

20

Die Zeitverschiebung des Gesamtsystems, aufgrund der konstanten Grundlaufzeit, hebt sich für ein up- und ein down-System gleicher Grundlaufzeit ($t_{up}^0 = t_{down}^0$) auf, während sich der Effekt des Chirps verdoppelt. Die Zeitdifferenz Δt_{tot} ist somit ein absolutes Maß für die aktuelle Temperatur $\theta + \Delta \theta$ des Sensors bzw. dessen Wellenausbreitungsgeschwindigkeit, da die Bezugstemperatur θ bekannt und fest ist. Die Bezugstemperatur ist die Temperatur in der Mitte des Meßbereichs des Sensors, und wird bei dessen Entwurf festgelegt. Durch einen angepaßt bemessenen (kleinen) Zeitunterschied $t_{up}^0 - t_{down}^0$, der sich zum Beispiel in jeweils unterschiedlichem Abstand zwischen Reflektor und Wandler kann die Meßgröße Δt_{tot} für alle Temperaturen in einem vorgegebenen Meßbereich positiv eingestellt werden. Konstruktiv wird dieser (kleine)

30

35

1 Zeitunterschied durch einen entsprechend bemessenen Ab-
standsunterschied der Abstände (a-b) zwischen einerseits
dem Wandler 121 und andererseits den Reflektoren 124 bzw.
125 in Figur 9a oder den Wandlern 124a und 125a in Figur
5 9b. Dadurch erübrigt sich eine Auswertung des Vorzeichens
von Δt_{tot} im Abfragegerät.

Fig. 10a zeigt in einem Diagramm die Sensitivität des
Sensors, d. h. wie sich für einen Wert der zu detektieren-
10 den, messenden Meßgröße sich ergebende Größe der Laufzeit-
änderung Δt in Abhängigkeit von der Chirprate T/B der dis-
persiven, gechirpten Struktur, die ansteigende Gerade A zeigt
das Wachsen der Sensitivität einer up-chirp-Struktur mit
wachsender Chirprate T/B. Für eine down-chirp-Struktur er-
15 gibt sich (zunächst) entsprechend der Geraden B eine Verring-
erung der Sensitivität, die nach einem Nulldurchgang negative
Werte ($-\Delta t$) wachsende Werte für zunehmende Chirprate an-
nimmt. Ersichtlich sind die Verläufe für eine up-chirp-
Struktur und einer down-chirp-Struktur gegenläufig. Für zwei
20 solche Strukturen in einem Sensor ergibt sich als Gesamt-
sensitivität der jeweilige gesamte Laufzeitunterschied zwi-
schen den zwei Geraden A und B der beiden Antwortimpulse, d.
h. z. B. der Abstand zwischen den beiden Punkten A1 und B1.

25 Figur 11 zeigt eine Variante der Ausführungsform der Figur
9a einer Oberflächenwelle anordnung für gechirpte Abfrage-
signale. Es sind dort die bezogen auf die Antenne hinter-
einander geschalteten Wandler 121 und 122 auf zwei Spuren
verteilt vorgesehen. Sinngemäß können die Wandler auch pa-
30 rallel geschaltet sein. Die entsprechend in zwei Spuren
angeordneten Reflektorstrukturen 124 und 125 haben den Auf-
bau und die Eigenschaften der zu Figur 9a genannten Reflek-
torstrukturen. Statt der Reflektorstrukturen können wie
in Figur 9b auch Wandlerstrukturen vorgesehen sein.

1 Figur 12 zeigt eine Ausführungsform eines erfindungsgemäß
weitergebildeten, mit Oberflächenwellen arbeitenden Sen-
sors. Die Anordnung der Figur 12 unterscheidet sich von
der der Figur 9a darin, daß die Reflektorstruktur 126 bezo-
5 gen auf die Position des Wandlers 121 so angeordnet ist,
daß bei der Struktur 126 das hochfrequente Ende des ge-
chirpten Reflektors dem Wandler 121 zugewandt ist, das
heißt die beiden Reflektorstrukturen 124 und 126 spiegel-
symmetrisch zum Wandler 121 ausgeführt (down-chirp-Struk-
10 turen) sind. Die Lehre zur Figur 12 (und Figur 13) kann
auch mit up-chirp-Strukturen anstelle der down-chirp-
Strukturen ausgeführt werden. Bei dieser Anordnung der
Reflektorstrukturen gemäß Figur 12 liegt jedoch wegen der
spiegelsymmetrischen Anordnung der Reflektoren ein
15 temperaturabhängiger Zeitunterschied der Antwortimpulse
nicht vor, das heißt die Anordnung nach Figur 12 ist als
Sensor unabhängig davon, wie sich die Temperatur des
Substrats (und der darauf befindlichen Oberflächenwellen-
Strukturen) und/oder sich eine andere Einwirkung, die die
20 Laufzeit der akustischen Welle beeinflusst, ändert. In der
Ausführungsform der Figur 12 ist die dargestellte Ober-
flächenwellen-Anordnung, und zwar durch den Aufbau be-
dingt, temperaturkompensiert. Dieser Umstand der Variante
der Erfindung gemäß Figur 12 ist mit großem Vorteil zur
25 temperaturunabhängigen Messung sonstiger physikalischer,
chemischer und/oder biologischer Größen nutzbar. Um eine
andere Größe als die Temperatur, z. B. einen Gasballast zu
messen, wird die eine der beiden Reflektorstrukturen 124,
126 mit einer auf das zu messende Gas ansprechenden Schicht
30 versehen. Die beschichtete Reflektorstruktur (zum Beispiel
124) spricht auf die Meßgröße an, während die andere unbe-
schichtet gebliebene Reflektorstruktur (126) von dem Gas
unbeeinflusst bleibt. Es ist hier nur ein gechirptes (Sende-)
Signal erforderlich. Entsprechend erhält man auch nur ein
35 Antwortimpuls-Signal sofern und solange sich die beiden

1 Reflektoren identisch verhalten. Wird jedoch einer der
Reflektoren durch die Meßgröße beeinflusst, ergeben sich
zwei Antwortimpulse, deren Zeitabstand der Meßgröße ent-
spricht. Statt der Reflektorstrukturen 124 und 126 können
5 auch Wandlerstrukturen verwendet werden.

Auch ein Sensor nach Figur 9b und 11 wird zu einem
temperaturunabhängigen Sensor nach Figur 12, wenn eine der
Strukturen 124, 125 oder 124a, 125a so "umgedreht" ist,
10 daß diese Strukturen beide mit ihrem hochfrequenten Ende
(down chirp) oder beide mit ihrem niederfrequenten Ende
(up-chirp) dem Wandler 121 bzw. den beiden Wandlern 121
und 122 zugewandt sind.

15 Als Sensorelement ist diejenige Struktur 124 oder 125
wirksam, die auf die vorgegebene Meßgröße empfindlich ge-
macht bzw. präpariert ist. Die unpräparierte Struktur 125
oder 124 ist das Referenzelement für diese Meßgröße.

20 Mit Wandlern 124a und 126a erhält man einen temperatur-
unabhängigen (und von anderen, die Wellengeschwindigkeit
beeinflussenden Größen unabhängigen) Sensor gemäß Figur 13,
bei dem ebenso wie bei Fig. 12 jeweils die hochfrequenten
oder die niederfrequenten Enden der gechirpten (down-chirp
25 oder up-chirp) Wandler 124a/126a den Eingangs-/Ausgangs-
wandlern 121, 121' zugewandt sind, die hier als Beispiel
parallelgeschaltet sind, jedoch auch in Reihe geschaltet
sein können. Die Wandler 124a/126a können als Ausgangs-/
Eingangswandler verwendet werden. Auch in Fig. 13 ist
30 wieder ein Abstandsunterschied a verschieden b angegeben.

Für eine Anordnung nach Fig. 12 und 13 kann es z. B. vor-
teilhaft sein für z. B. die dargestellten down-chirp-
Strukturen angepaßtes up-chirp-Abfragesignal anzuwenden.
35 Damit erhält man die schon oben beschriebenen komprimierten
Antwortimpulse.

1 Ein Sensor mit spiegelsymmetrisch angeordneten Chirp-
strukturen nach Fig. 12 kann aber auch gemäß einer zweiten
Variante des Abfrageverfahrens durch den Sender ausgelesen
werden. Es wird vom Sender ein kräftiger kurzer Impuls,
5 etwa mit der Mittenfrequenz des Chirpbereiches, oder ein
an die Struktur nicht angepaßtes Chirpsignal ausgesendet,
deren Spektren den Frequenzbereich des Sensors möglichst
konstant überdecken. Vom Sensor wird dann ein Chirpimpuls
zeitverzögert zurückgesendet. Die Form der Einhüllenden
10 dieses empfangenen Chirpimpulses ermöglicht die Auswertung
der Meßgröße. Herrscht in der Referenzstruktur und in der
präparierten Sensorstruktur die gleiche Ausbreitungsge-
schwindigkeit der akustischen Welle, so setzen sich alle
symmetrisch reflektierten akustischen Wellen der gleichen
15 Frequenz konstruktiv interferierend im Chirpimpuls zu-
sammen und dieser hat einen zeitlich konstanten Amplituden-
verlauf. Sind jedoch die Ausbreitungsgeschwindigkeiten in
der Sensorstruktur und in der Referenzstruktur voneinander
verschieden, dann wechseln sich konstruktive und des-
20 truktive Interferenzen bei Durchlaufen der Augenblicks-
frequenz des Chirpimpulses ab und dessen Einhüllende weist
eine von der Geschwindigkeitsdifferenz der Welle in
der Referenzstruktur und der Welle in der Sensorstruktur,
d. h. eine der Meßgröße entsprechende abhängige Modulation
25 auf. Beispielsweise wird eine sehr kleine Meßgröße einen
nur schrägen Amplitudenverlauf aufweisen. Dagegen hat eine
große Geschwindigkeitsdifferenz mehrere Modulationsperioden
über die Länge des Chirpimpulses verteilt zur Folge,
nämlich ähnlich stehenden Wellen auf einer Leitung.

30

In einer angepaßt dimensionierten und an die Antenne ange-
paßten Anordnung nach Figur 12 braucht im übrigen keine
akustische Energie in einem Sumpf aus Dämpfungsmaterial
vernichtet zu werden, da die akustischen Wellen verlustlos
35 ihren frequenzspezifischen Laufzeiten entsprechend von den

1 Strukturen 124 und 126 in den Wandler 121 vollständig
zurückreflektiert werden. Das ist im übrigen ein Vorteil
der in-line-Anordnung mit zentral angeordnetem Wandler 121
nach Figur 12, und zwar gegenüber einer parallelen Zwei-
5 spuranordnung von Referenzstruktur und Sensorstruktur.

Eine weitere Anwendungs-/Ausgestaltungsmöglichkeit des
Sensors nach Fig. 12 zeigt Fig. 14, bei der die gechirpten
Strukturen, d. h. die drahtlose Impulsantwort der-Sensor-
10 struktur, zusätzlich einen Erkennungscode für den jeweiligen
Sensor einschließt. Es ist dies die monolithische Ver-
bindung einer auf Interferenz beruhenden gechirpten
Identifizierungsmarke mit einem Sensor nach Fig. 12 (oder
auch nach Fig. 13), wie dies oben bereits in anderem Zu-
15 sammenhang beschrieben ist. Die Reflektorstrukturen 127
und 128 setzen sich aus den den Code in der Impulsantwort
erzeugenden Anteile 127' und 128' (reflektierend z. B. von
einer unteren Bandgrenze f_U des Chirps bis zu einer da-
zwischenliegenden Frequenz f_Z) und einem Referenzanteil
20 127'' und Sensoranteil 128'' zusammen. Der Sensoranteil
128'' ist z. B. als Gasdetektor mit einer gasempfindlichen
Schicht belegt. Die übrigen Anteile 127'', 128'' sind von
der Frequenz f_Z bis zur oberen Bandgrenze des Chirps re-
flektierend. Bei Abfrage mit einem Impuls großer Fre-
25 quenzbandbreite wird in der Impulsantwort ein Codebit der
Amplitude 1 mit einer Momentanfrequenz f_1 erzeugt, wenn
für diese Frequenz die Reflektorstrukturen 127 und 128
spiegelsymmetrisch angeordnet sind, und zwar dies durch
konstruktive Interferenz. Ein Codebit der Amplitude 0 ent-
30 steht durch destruktive Interferenz bei der Frequenz f_0 ,
wenn die beiden an den Strukturen 127' und 128' reflektier-
ten akustischen Wellen mit einem Phasenunterschied von
bei f_2 im Wandler 121 einfallen. D. h., daß für f_2 die
Strukturen 127' und 128' gegenüber einer auf den Wandler
35 bezogenen spiegelsymmetrischen Anordnung einander gegensin-

1 nig nach innen oder nach außen um je ein Viertel einer
akustischen Wellenlänge versetzt angeordnet sind.

5 Der gleiche Effekt wird im übrigen erzielt, wenn bei der
Frequenz f_2 die eine der beiden Reflektorstrukturanteilen
127' und 128' keine Phasenmodulation und der andere eine
Phasencodierung mit dem Inkrement entsprechend einer
halben akustischen Wellenlänge im Sensor hat (Fig. 15).

10 Auch bei der Ausführungsform der Figur 14 kommt der Vor-
teil der Temperaturkompensation und der im Prinzip verlust-
losen Rückstrahlung der gesamten Impulsenergie zum Tragen.

15 Wird im Abfragegerät eine Demodulation in der Augen-
blicksphase der Impulsantwort des Sensors angewendet, so
ist ein Sensor gemäß Figur 15 verwendbar, bei dem die
gesamte Referenz-Chirpstruktur 129 eine phasencodierte
Identifikationskennung mit dem Inkrement einer halben
Wellenlänge einschließt, während der Sensoranteil wie die
20 Struktur 125 in Figur 12 ausgeführt ist. Für die Gewinnung
der Referenzphase wird ein mit dem Chirp mitlaufender, die
Codephase integrierender Phasendetektor (Costas loop) be-
nützt. Gegenüber dieser Referenzphase kann die Codierung
als im Codetakt erfolgende schnelle Phasenänderung er-
25 kannt werden. Die Sensorgröße bewirkt ähnlich wie bei der
Impulsabfrage des Sensors nach Fig. 12 eine zweistufige
Modulation der Amplitude der Impulsantwort. Die zwei
Stufen entsprechen der um 0 bzw. einer halben Wellenlänge
versetzten Referenzphase. Damit kann diese Meßgröße des
30 Sensors durch Abtastung des Chirpimpulses entweder während
der Codetakte 1 oder während der Codetakte 0 gewonnen
werden.

35 Eine noch weitere Weiterbildung der Erfindung läßt sich
mit einer Oberflächenwellenanordnung mit down-chirp-
Strukturen entsprechend den Figuren 12 und 13 ausführen.

1 Für die dieser Weiterbildung zugrundeliegende Lehre zum
technischen Handeln sind jedoch nur down-chirp-Strukturen
verwendbar, nämlich solche, die, wie aus der Figur 10a
ersichtlich, eine Sensitivität entsprechend der Geraden B
5 mit einem Nulldurchgang haben.

Für die Anordnung nach Fig. 12 oder 13 kann ein solches
Design für die gechirpten Strukturen 124 und 126 angegeben
werden, daß die Chirprate B/T für jede der beiden
10 Strukturen genau der Wert des Nulldurchgangs der Geraden B
der Figur 10a ist. Mit anderen Worten heißt dies, daß der
in der Klammer der Gleichung 3 stehende Multiplikant des
zweiten Gliedes der Gleichung (3) gleich 0 gemacht wird,
d. h.

15

$$B/T = t_{\text{down}}/f_0 \quad (5)$$

Da für die down-chirp-Struktur die beiden Ausdrücke in
der Klammer entgegengesetztes Vorzeichen haben, kann
20 dieser Klammerausdruck tatsächlich für eine vorgebbare
Chirprate B/T gleich 0 gemacht werden. Damit fällt aus der
Gleichung 3 die Abhängigkeit von der Meßgröße heraus, die
dort als Temperatur θ angegeben ist.

25 Gegenüber der obigen allgemeinen Lehre zu den Figuren 12
und 13, die auf Kompensation von zwei gegenläufigen
Temperaturabhängigkeiten beruht, liegt dieser Weiter-
bildung der Erfindung eine durch Bemessung der Chirprate
prinzipiell temperaturunabhängige Oberflächenwellenan-
30 ordnung vor. Diese Anordnung ist ebenfalls nicht nur
temperaturunabhängig, sondern auch invariant gegenüber
anderen, die Laufzeit verändernden äußeren Einflüssen.
Damit auch diese Oberflächenwellenanordnungen als
(temperaturunabhängiger) Sensor verwendbar ist, ist eine
35 zusätzliche Maßnahme vorzusehen, um dennoch eine Meß-

1 Für die dieser Weiterbildung zugrundeliegende Lehre zum
technischen Handeln sind jedoch nur down-chirp-Strukturen
verwendbar, nämlich solche, die, wie aus der Figur 10a
ersichtlich, eine Sensitivität entsprechend der Geraden B
5 mit einem Nulldurchgang haben.

Für die Anordnung nach Fig. 12 oder 13 kann ein solches
Design für die gechirpten Strukturen 124 und 126 angegeben
werden, daß die Chirprate B/T für jede der beiden
10 Strukturen genau der Wert des Nulldurchgangs der Geraden B
der Figur 10a ist. Mit anderen Worten heißt dies, daß der
in der Klammer der Gleichung 3 stehende Multiplikant des
zweiten Gliedes der Gleichung (3) gleich 0 gemacht wird,
d. h.

15

$$B/T = t_{\text{down}}/f_0 \quad (5)$$

Da für die down-chirp-Struktur die beiden Ausdrücke in
der Klammer entgegengesetztes Vorzeichen haben, kann
20 dieser Klammerausdruck tatsächlich für eine vorgebbare
Chirprate B/T gleich 0 gemacht werden. Damit fällt aus der
Gleichung 3 die Abhängigkeit von der Meßgröße heraus, die
dort als Temperatur θ angegeben ist.

25 Gegenüber der obigen allgemeinen Lehre zu den Figuren 12
und 13, die auf Kompensation von zwei gegenläufigen
Temperaturabhängigkeiten beruht, liegt dieser Weiter-
bildung der Erfindung eine durch Bemessung der Chirprate
prinzipiell temperaturunabhängige Oberflächenwellenan-
30 ordnung vor. Diese Anordnung ist ebenfalls nicht nur
temperaturunabhängig, sondern auch invariant gegenüber
anderen, die Laufzeit verändernden äußeren Einflüssen.
Damit auch diese Oberflächenwellenanordnungen als
(temperaturunabhängiger) Sensor verwendbar ist, ist eine
35 zusätzliche Maßnahme vorzusehen, um dennoch eine Meß-

1 Patentansprüche

1. Mit Oberflächenwellen arbeitende Vorrichtung als Sensor für Meßgrößen und zur Identifizierung

5

- wobei der Meßwert über Funk abgelesen werden kann,

- mit Oberflächenwellenwandler und

10

- mit wenigstens zwei Oberflächenwellenelementen (15, 25; 124, 125; 124, 126; 127, 128), die die Sensorfunktion und eine Referenzfunktion ausführen und auf (jeweils) einem Substrat angeordnet sind, sowie

15

- mit einem Abfragegerät (1) mit Sendeteil (2), Empfangsteil (3) und Auswerteteil (4).

2. Vorrichtung nach Anspruch 1,

20

- mit wenigstens einem Oberflächenwellen-Sensorelement (15; 15₁ ... 15_N) für die Sensorfunktion und

- mit einem Oberflächenwellen-Referenzelement (25) für die Referenzfunktion.

25

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2

- bei dem die Oberflächenwellenelemente (15, 25; 124, 125; 124, 126) räumlich vereinigt angeordnet und

30

- für die Funkübertragung zwischen Auswertegerät (1) und Sensor (5) Antennen (16, 17) vorgesehen sind.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, 2 oder 3,

35

mit auf einem Träger (30) angeordneten Substraten (130, 230) für jeweils das Sensorelement (15'') und das Referenzelement (25'').

- 1 5. Vorrichtung nach Anspruch 4,
mit Substraten (130, 230) aus für das (jeweilige) Sensor-
element einerseits und für das Referenzelement andererseits
voneinander verschiedenen piezoelektrischen Materialien.
- 5 6. Vorrichtung nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4,
bei dem auf dem Träger (30) wenigstens ein Sensorelement
(15), ein Referenzelement (25) und eine passiv arbeitende
Signalvorverarbeitungs-Einrichtung vorgesehen ist.
- 10 7. Vorrichtung nach Anspruch 1,
mit einem Referenzelement (25), das vom Sensorelement (15)
entfernt im Abfragegerät (1') angeordnet ist.
- 15 8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
mit zusätzlicher Identifizierungsfunktion.
- 20 9. Vorrichtung nach Anspruch 8,
mit in der Oberflächenwellenstruktur des Sensorelements
integrierter Identifizierungsfunktion.
- 10, Vorrichtung nach Anspruch 8,
mit in die Oberflächenwellenstruktur des Sensorelementes
zusätzlich eingefügter Identifizierungsstruktur.
- 25 11. Vorrichtung nach Anspruch 8, 9 oder 10,
mit unterschiedlichen Frequenzen (f_1 , f_2) für Meßwertsi-
gnal und für Identifizierungssignal.
- 30 12. Vorrichtung nach Anspruch 8,
mit fester Zuordnung von Sensorelement und Referenzelement
zueinander und mit im Referenzelement integrierter/einge-
fügter Identifizierungsfunktion.
- 35 13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12,

1 bei dem eine Mehrzahl Sensorelemente ($15_1 \dots 15_N$) vorge-
sehen ist, die in Funkverbindung mit dem Abfragegerät
(1') sind, wobei für die einzelnen Sensorelemente unter-
5 verschiedene Ausgangssignal-Frequenzen ($f_1 \dots f_N$) vorge-
sehen sind.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13,
bei dem eine Mehrzahl von Sensorelementen ($15_1 \dots 15_N$)
vorgesehen ist, die in Funkverbindung mit dem Abfragegerät
10 (1') sind, wobei zur Unterscheidung unterschiedliche
Grundlaufzeiten vorgesehen sind.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14,
bei dem zur Signalauswertung Phasendiskrimination vorge-
15 hen ist.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14,
bei dem zur Signalauswertung Signalmischung vorgesehen
ist.

20 17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14,
bei dem zur Signalauswertung Laufzeitvergleich vorgesehen
ist.

25 18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14,
bei dem zur Signalauswertung Frequenzvergleich vorgesehen
ist.

30 19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 18,
bei dem im Abfragegerät (1) Bandspreizung vorgesehen ist.

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 18,
bei dem im Abfragegerät (1) matched Filter mit Pulskom-
pression vorgesehen sind.

- 1 21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 20,
bei denen als Sensor-/Referenz-Oberflächenwellenstrukturen
Oberflächenwellen-Resonatoren (124, 125, 126, 127, 128,
129) vorgesehen sind.
- 5 22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 20,
bei denen als Sensor-/Referenz-Oberflächenwellenstrukturen
Oberflächenwellen-Wandler (124a, 125a, 126a) vorgesehen
sind.
- 10 23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 20,
bei denen als Sensor-/Reflektor-Oberflächenwellenstrukturen-
Oberflächenwellen-Verzögerungsleitungen vorgesehen sind.
- 15 24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 20,
bei denen als Sensor-/Referenz-Oberflächenwellenstrukturen
dispersive/PSK-Oberflächenwellen-Verzögerungsleitungen vor-
gesehen sind.
- 20 25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 24,
bei denen Low Loss-Filter-Oberflächenwellen-Anordnungen
vorgesehen sind.
- 25 26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 25,
mit gechirpten Oberflächenwellenstrukturen (124, 125; 124,
126; 127, 128; 125, 129) für Sensor- und Referenzfunktion.
- 30 27. Vorrichtung nach Anspruch 26,
mit auf den (die) (Eingangs-)Wandler (121, 121') bezogen
nicht-spiegelsymmetrischen Oberflächenwellenstrukturen
(up-chirp-Struktur und down-chirp-Struktur) (124, 125).
- 35 28. Vorrichtung nach Anspruch 26,
mit auf den (die) (Eingangs-)Wandler (121, 121') bezogen
spiegelsymmetrischen Oberflächenwellenstrukturen (up-chirp-
oder down-chirp-Strukturen) (124, 126; 127, 128; 125, 129).

- 1 29. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 26 bis 28,
bei der diese chirp-Strukturen dieselbe Chirprate B/T
aufweisen.
- 5 30. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 26 bis 29,
bei der diese Oberflächenwellenstrukturen (Fig. 9, 11, 13)
vom (Eingangs-)Wandler in voneinander verschiedenen Ab-
ständen (a verschieden b) angeordnet sind.
- 10 31. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 30,
bei der eine der Oberflächenwellenstrukturen für
Sensitivität gegenüber der vorgegebenen Meß-/Detektions-
größe zusätzlich präpariert ist.
- 15 32. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 28 bis 30,
bei der eine der spiegelsymmetrisch angeordneten Ober-
flächenwellenstrukturen als Sensorelement für Sensitivi-
tät gegenüber der vorgegebenen Meß-/Detektionsgröße
(Temperatur, Gas,...) zusätzlich präpariert ist.
- 20 33. Vorrichtung nach Anspruch 31 oder 32,
bei der die Sensor-Oberflächenwellenstruktur eine gas-
sensitive Beschichtung aufweist.
- 25 34. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 26 bis 33,
bei der gechirpte Oberflächenwellenstrukturen (127, 128;
129) mit wenigstens teilweise zusätzlicher Identifi-
zierungs-Kodierung vorgesehen sind.
- 30 35. Vorrichtung nach Anspruch 34,
mit Fingerverschiebung in der kodierten Oberflächen-
wellenstruktur (127, 128, 129).
- 35 36. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 35,
bei der (Eingangs-)Wandler (121) und die Oberflächenwellen-

1 strukturen (124, 125; 124, 126; 127, 128; 125, 129) als
in-line Anordnung aufgebaut sind.

5 37. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 36,
bei die Wandler (121, 121') und die Oberflächenwellen-
strukturen (124a, 125a; 124a, 126a) auf parallele Spuren
verteilt angeordnet sind.

10 38. Betrieb einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche
26 oder 27 oder 29 bis 37,
mit einem up-chirp- und mit einem down-chirp-Abfragesignal.

15 39. Betrieb einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 26
oder 28 bis 37,
mit einem an die Chirprate der Oberflächenwellenstrukturen
angepaßte (matched) Chirprate (z. B. up-chirp-Signal für
down-chirp-Struktur; dieselbe Chirprate).

20 40. Betrieb einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche
26 bis 37),
mit einem kurzen Abfrageimpuls.

25 41. Betrieb einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 26
bis 37,
mit einem nicht-angepaßten gechirpten Abfragesignal.

30 42. Betrieb nach Anspruch 40 oder 41,
mit Einhüllendendetektion der Signalantwort.

1/9

FIG 1

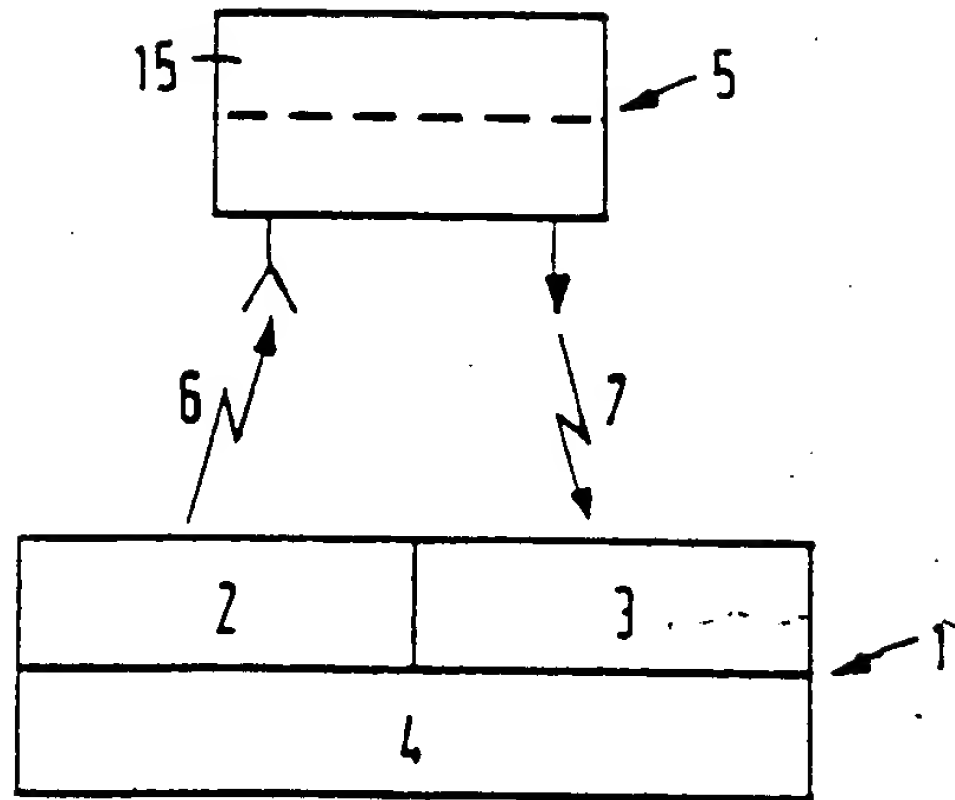


FIG 2a

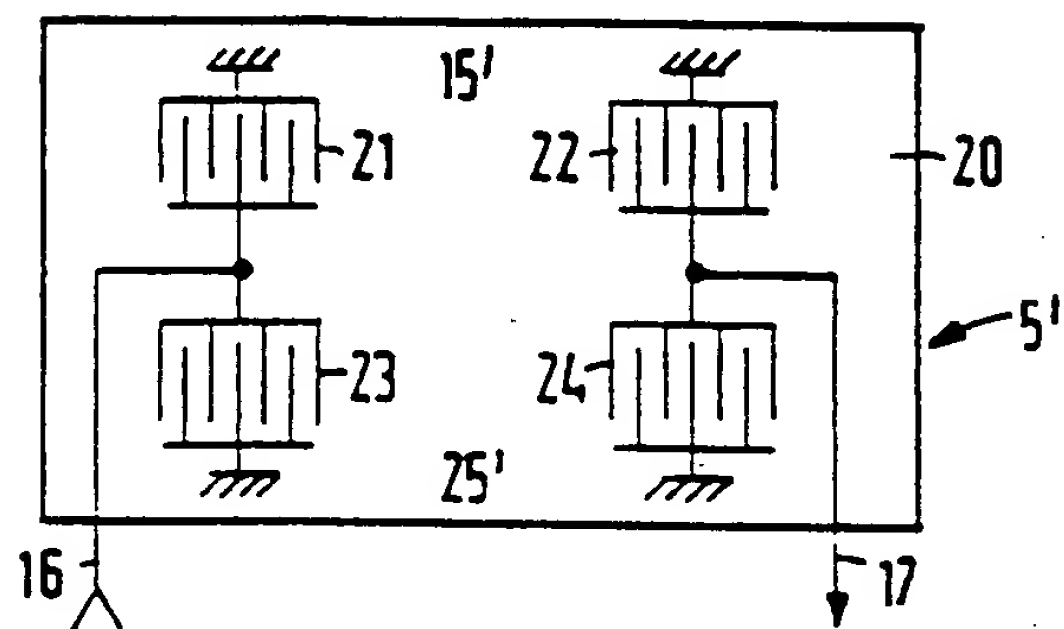
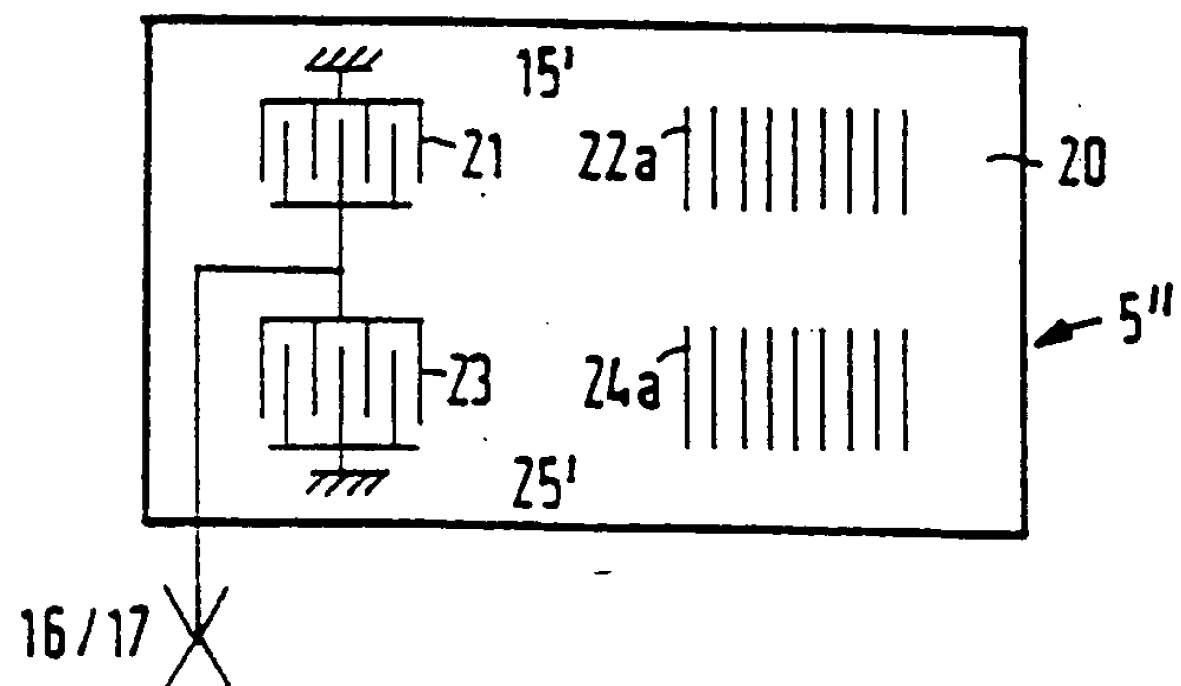


FIG 2b



2/9

FIG 3a

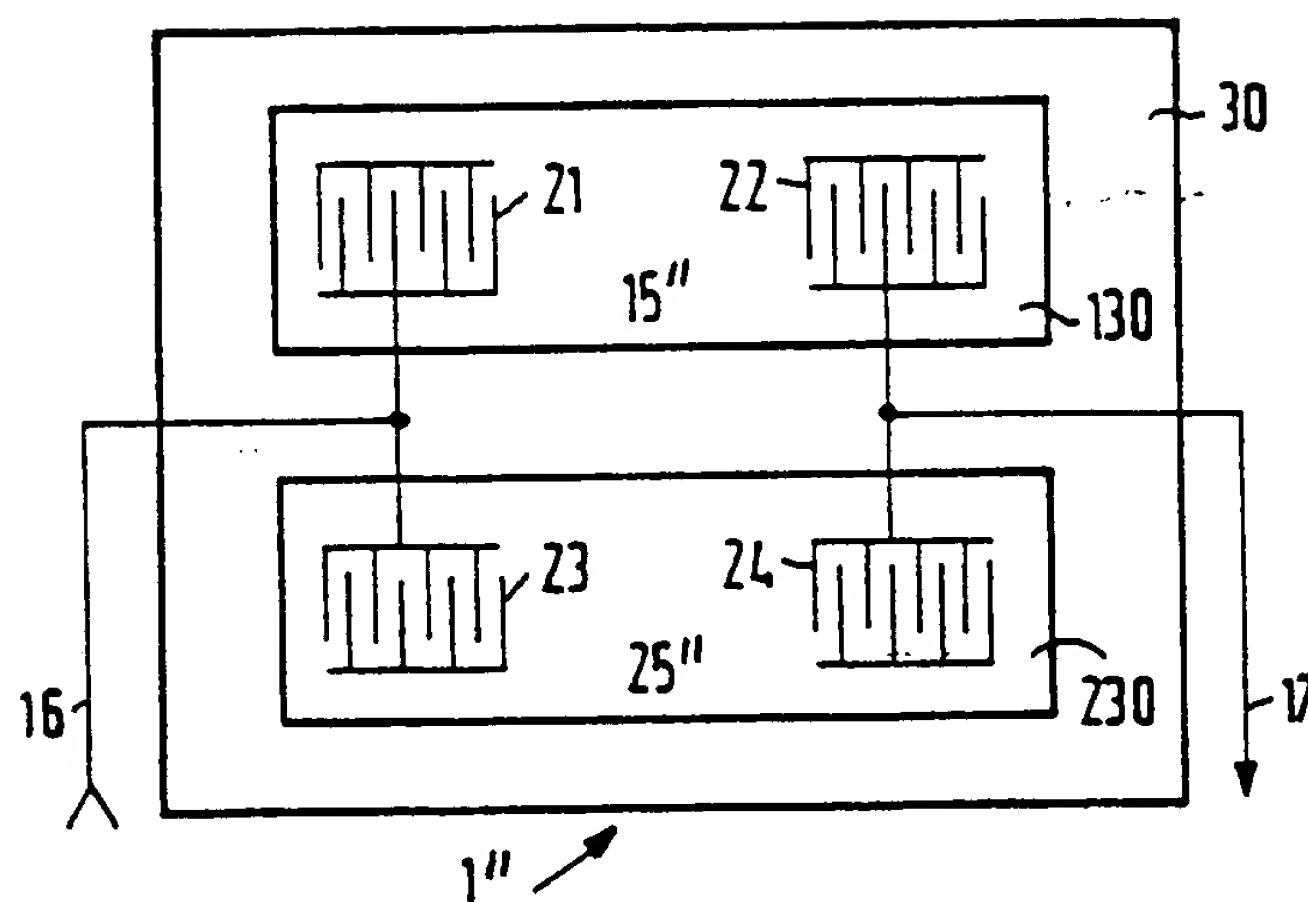
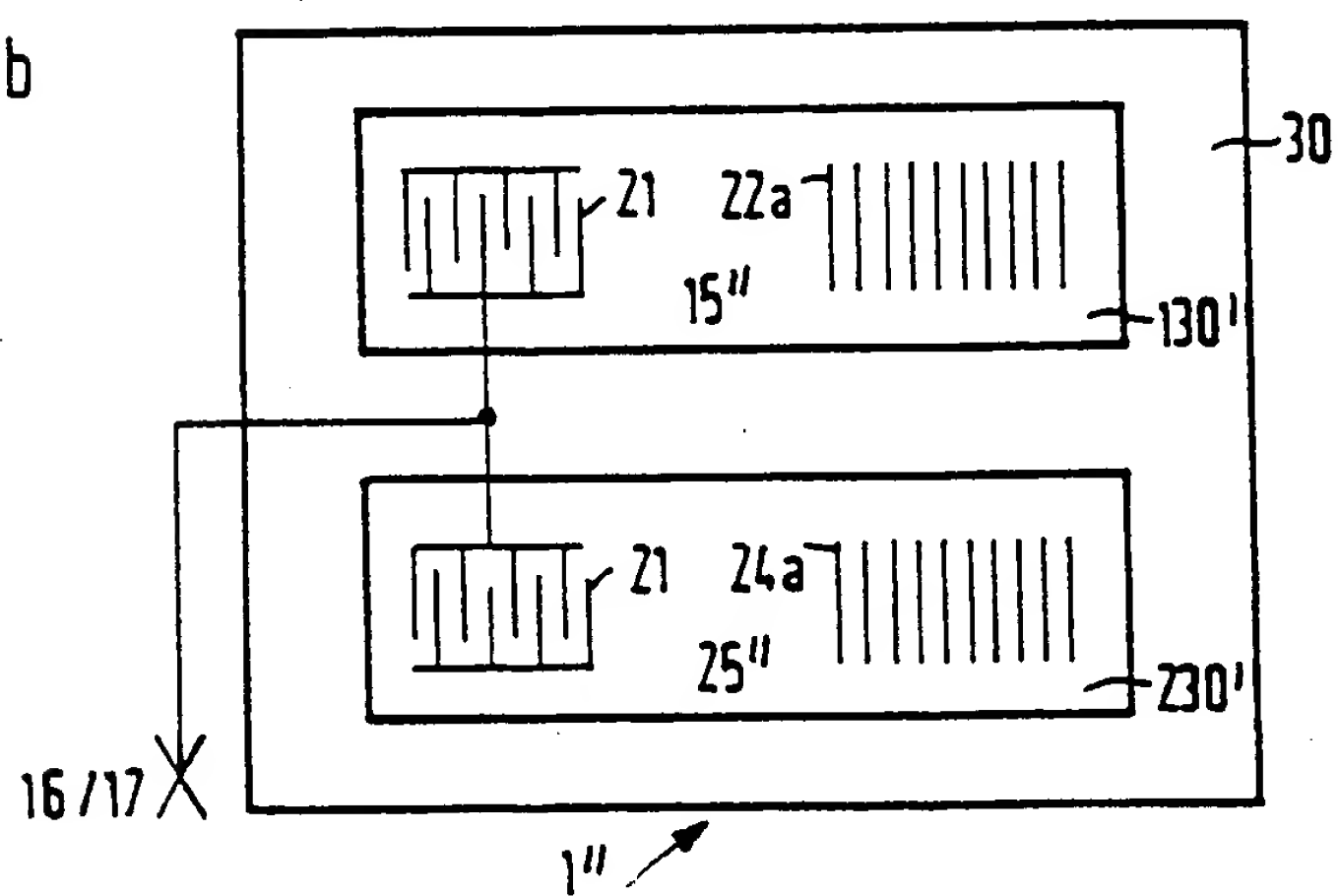


FIG 3b



3/9

FIG 4

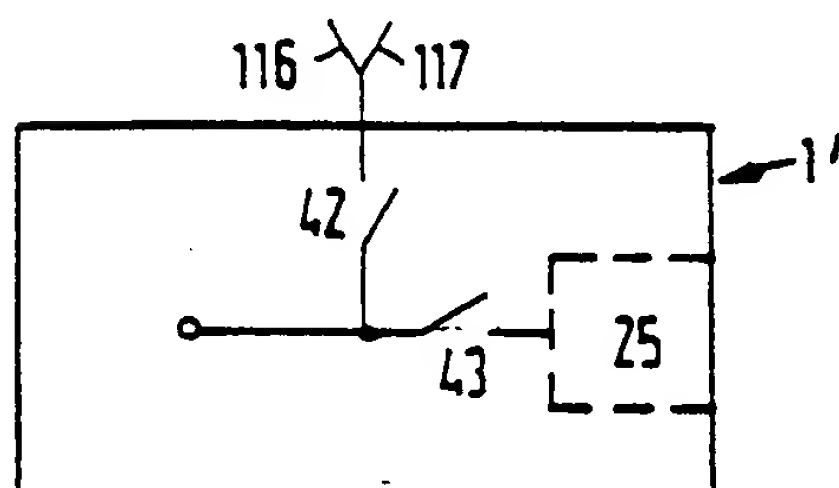
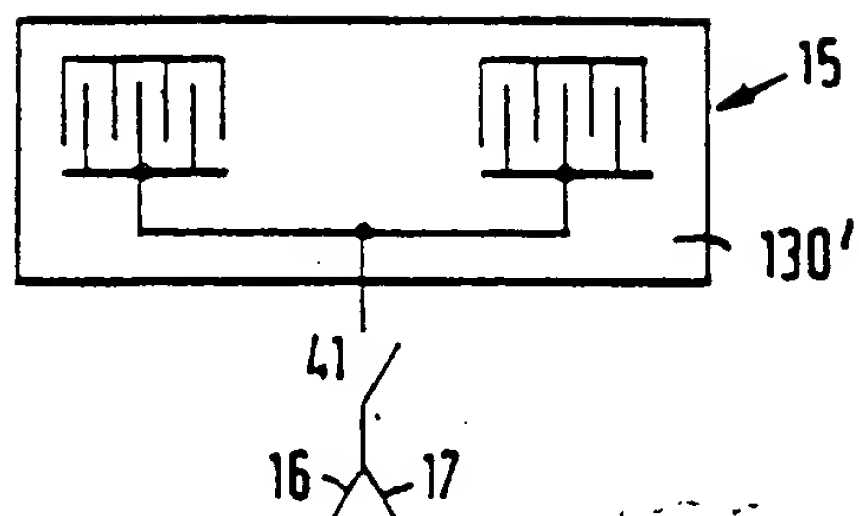
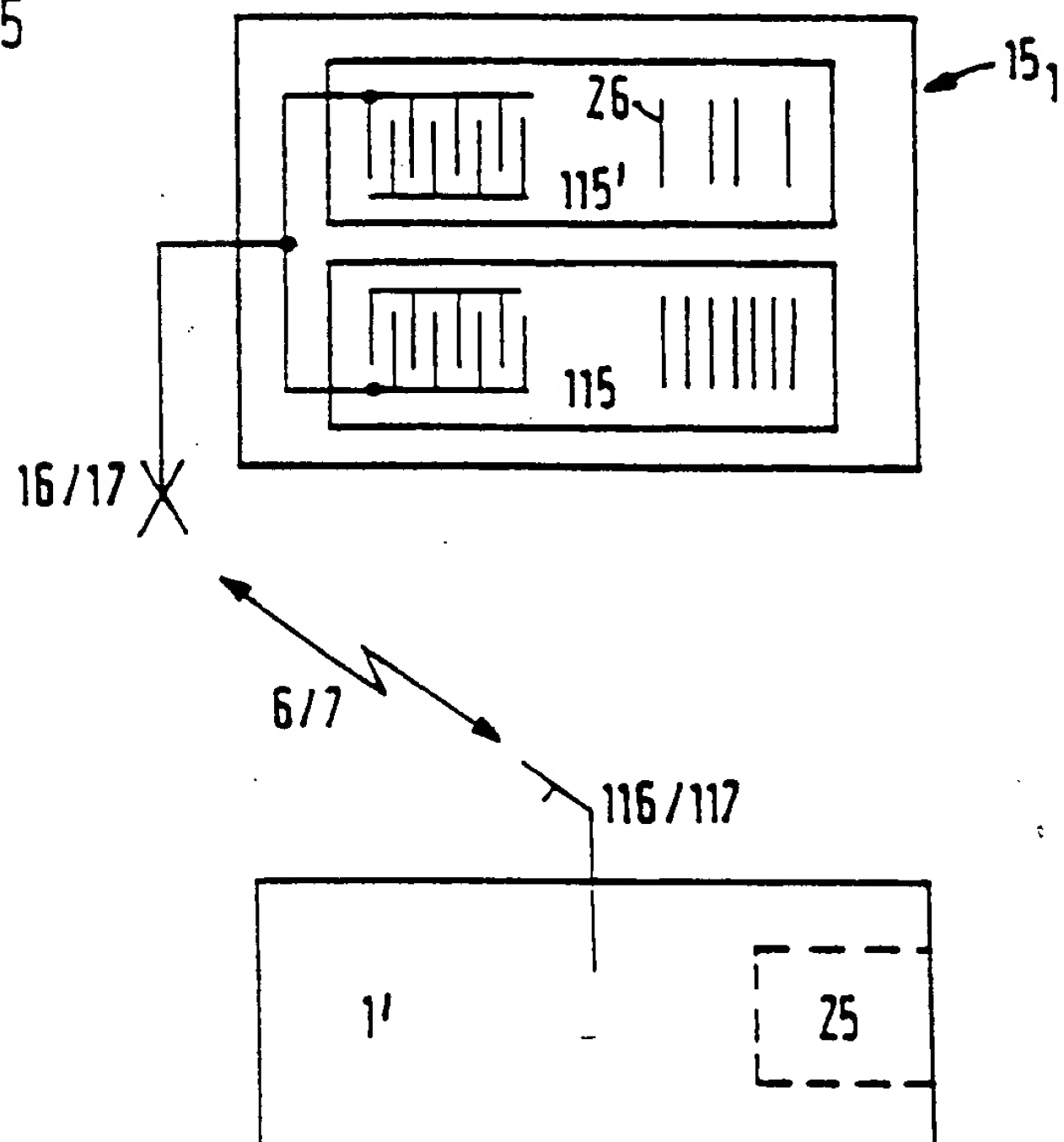


FIG 5



4/9

FIG 6

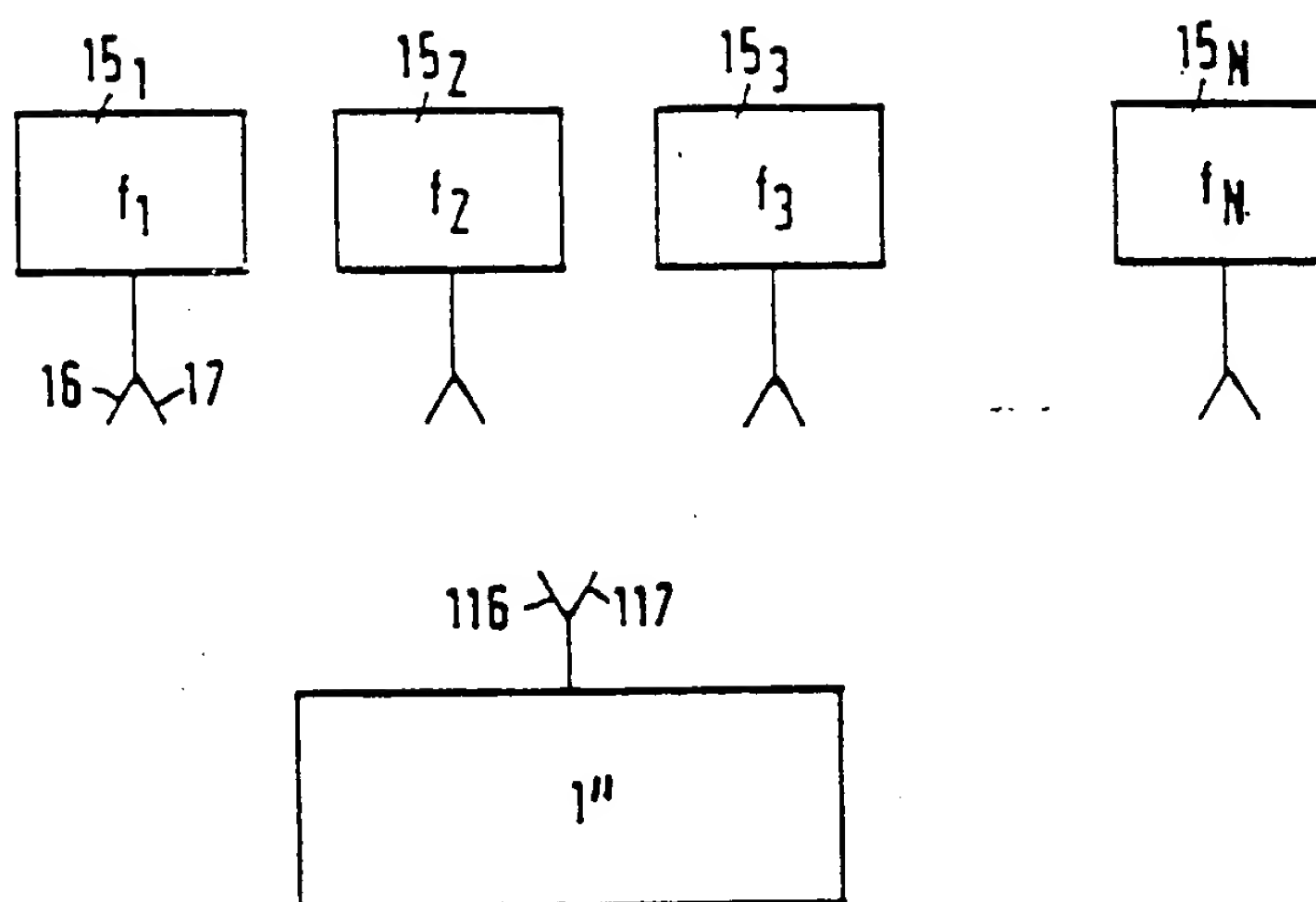
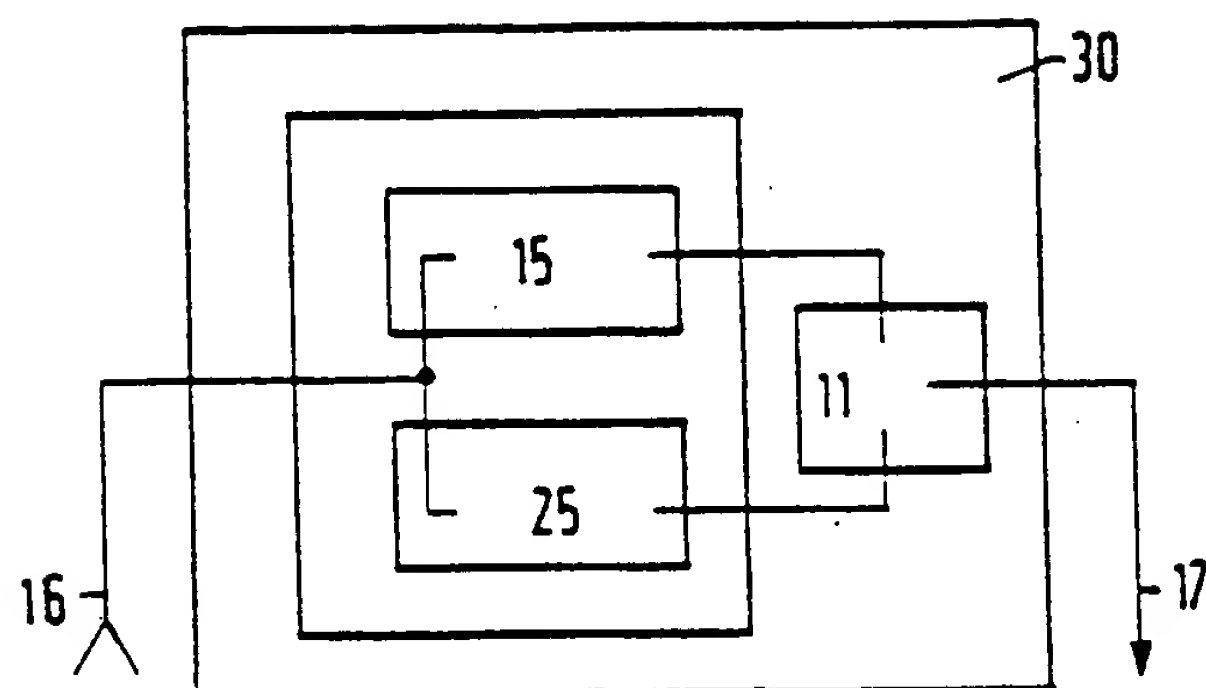


FIG 7



5/9

FIG 8

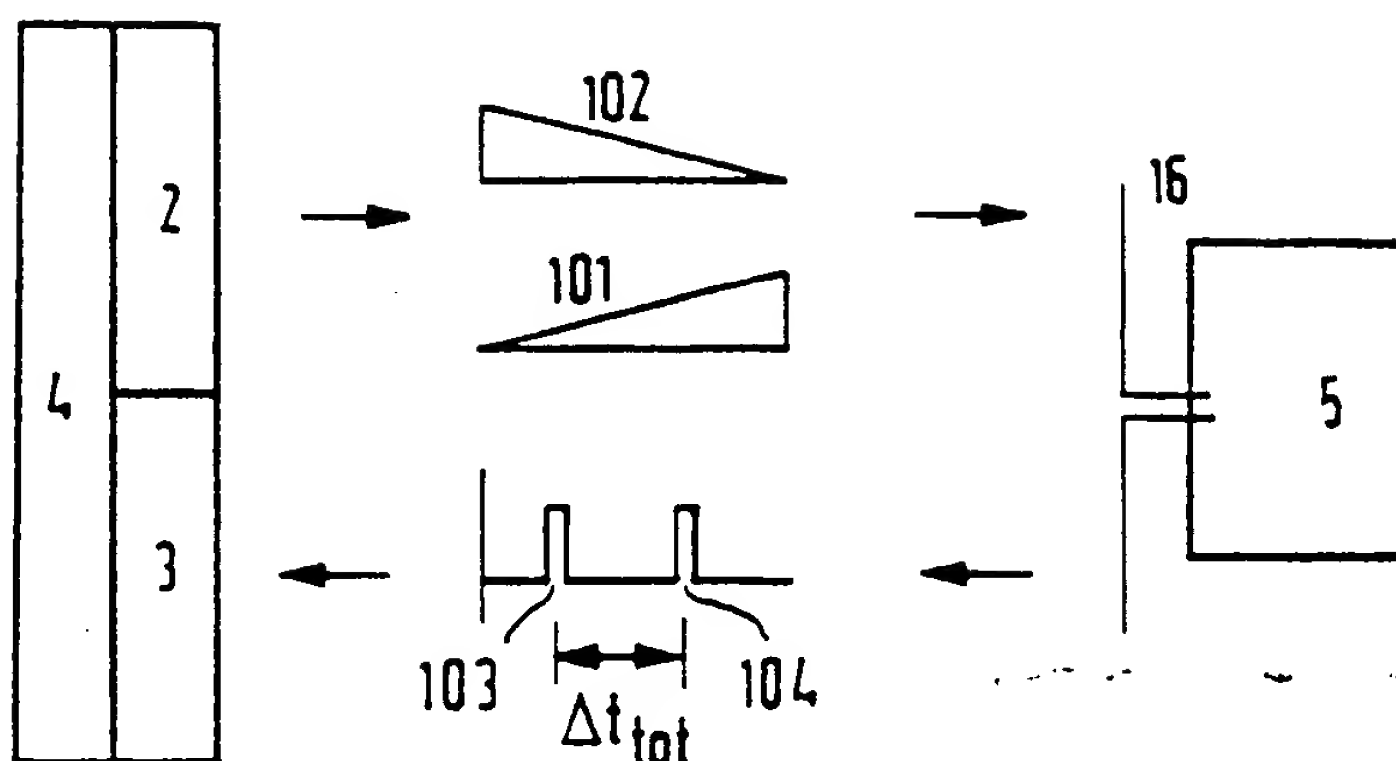


FIG 9a

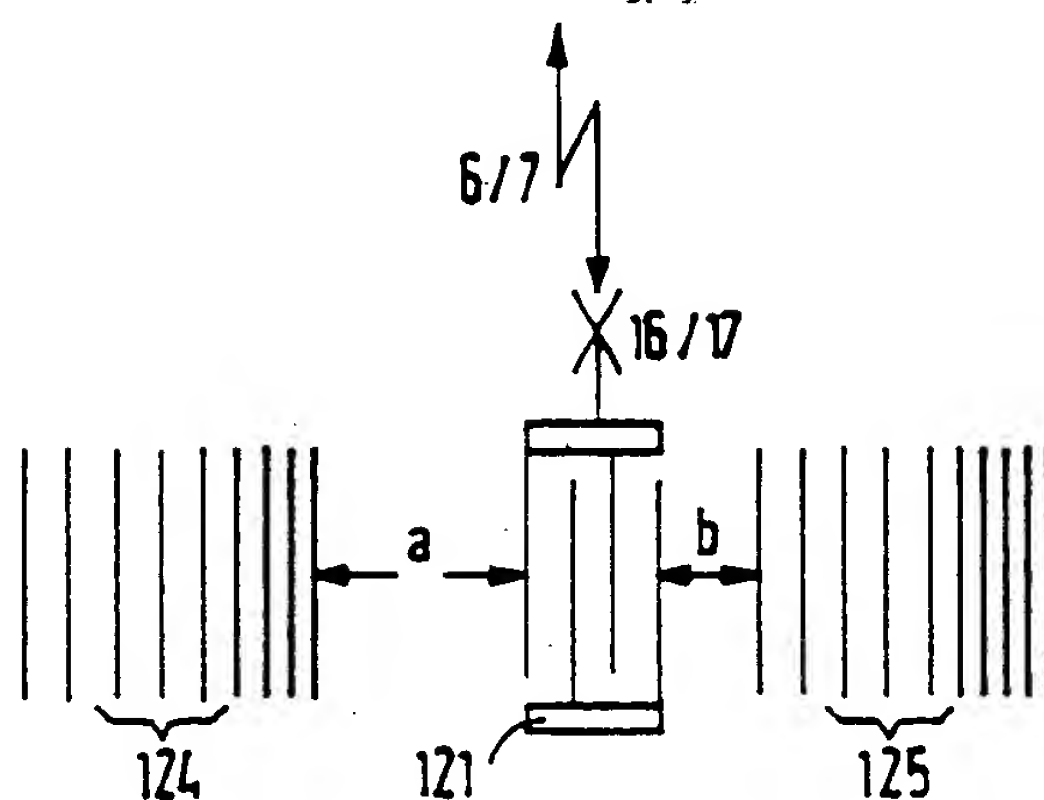


FIG 9b

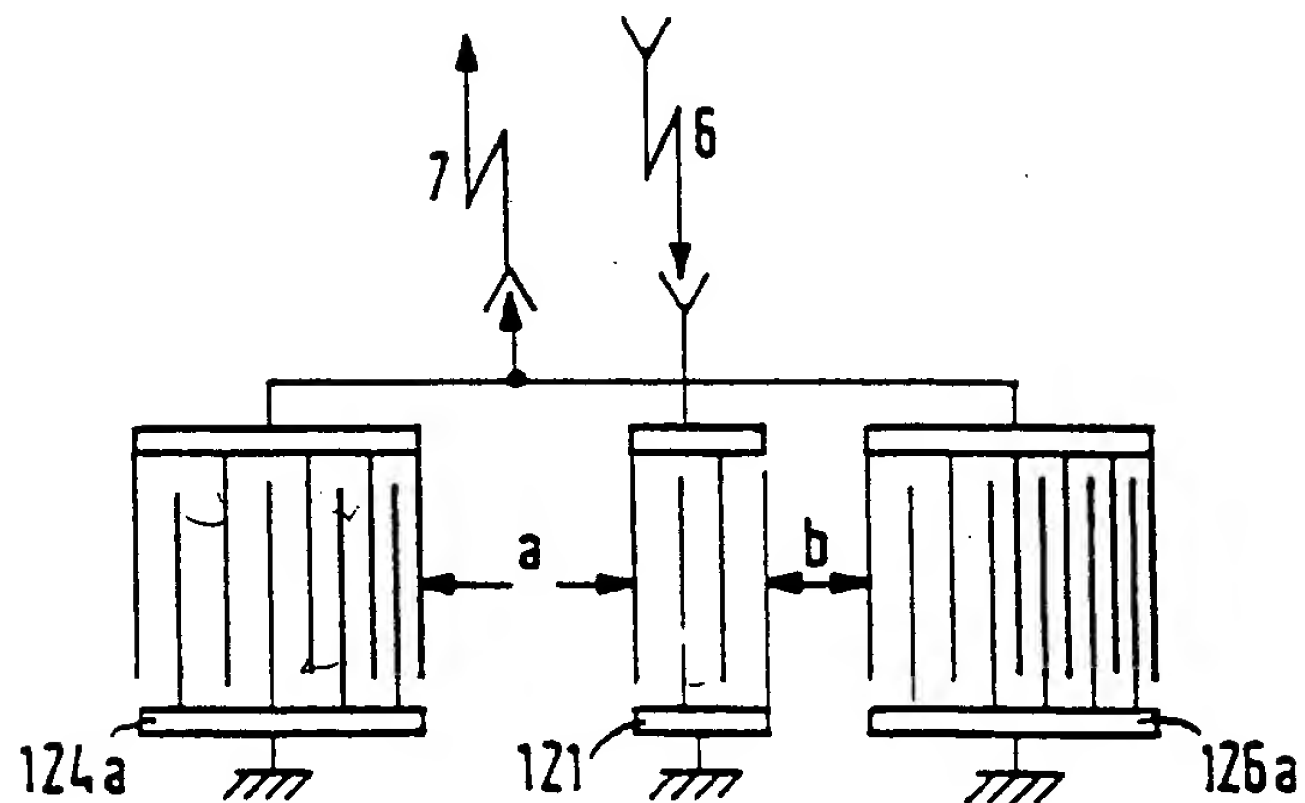


FIG 10

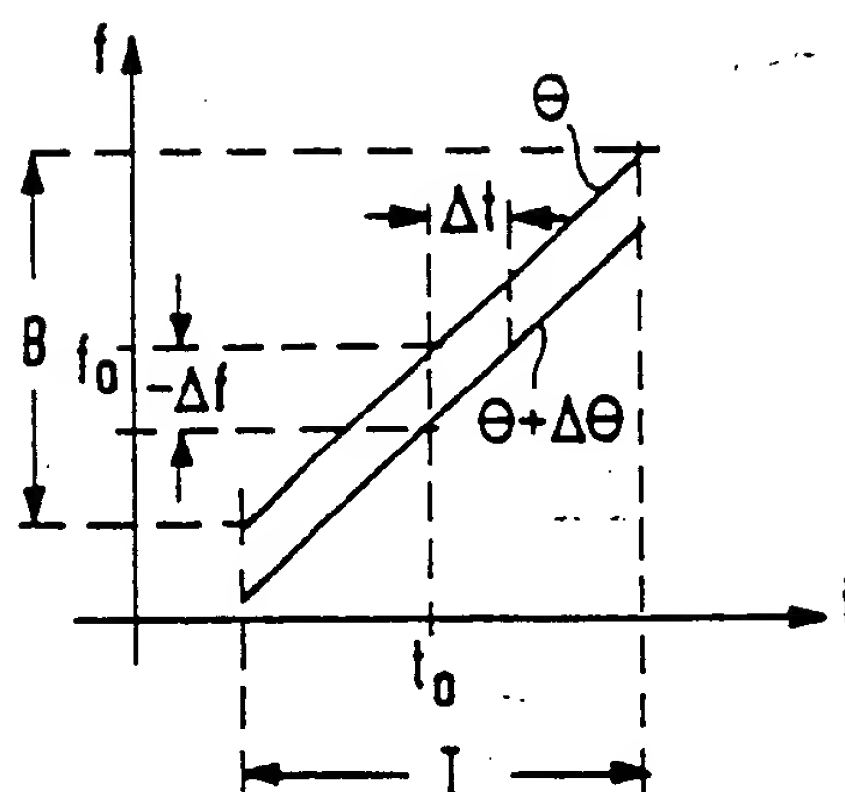


FIG 10a

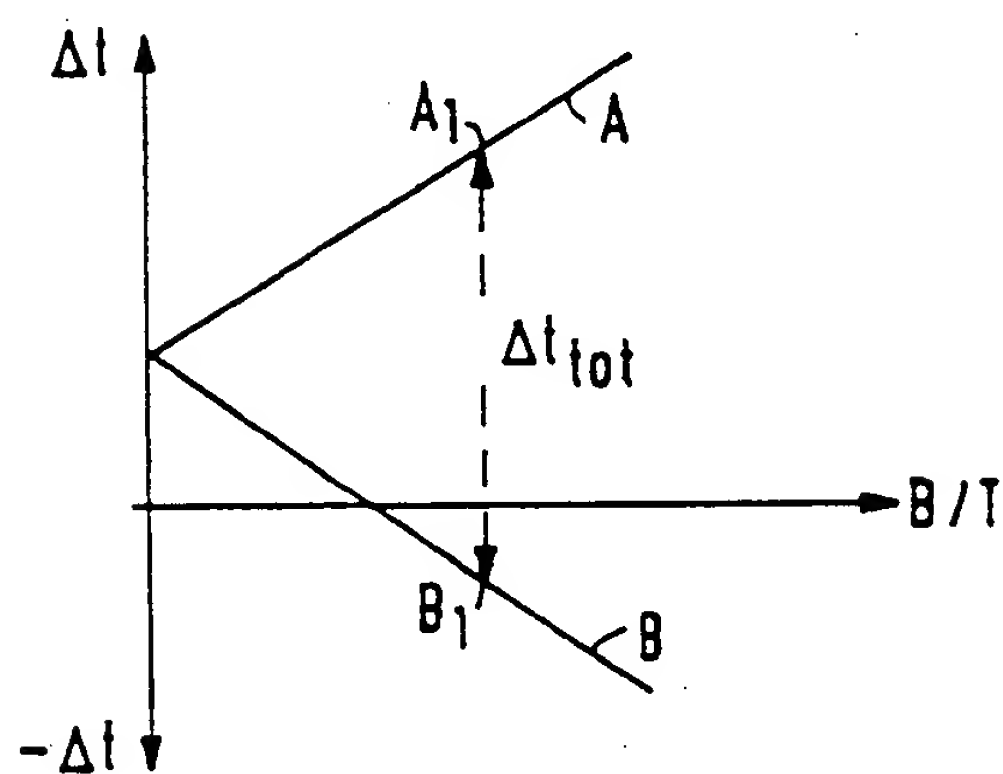


FIG 11

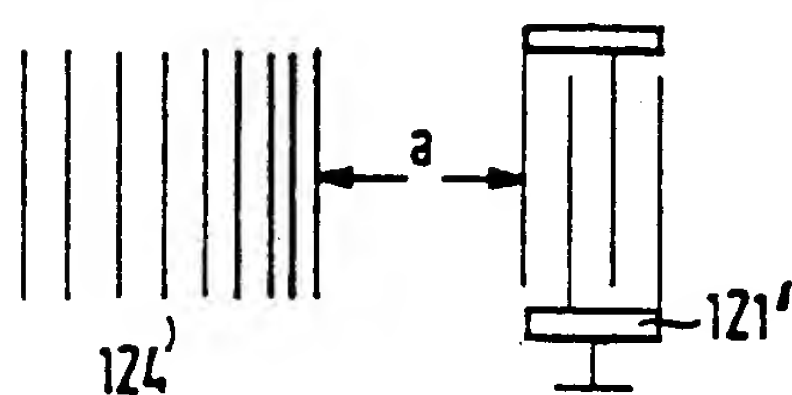
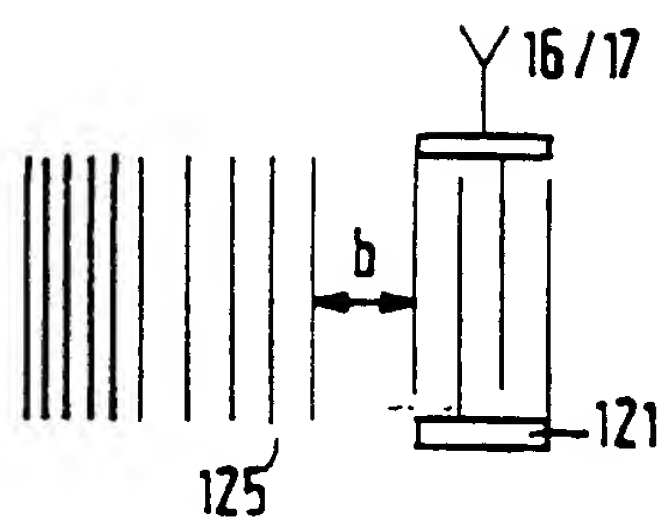


FIG 12

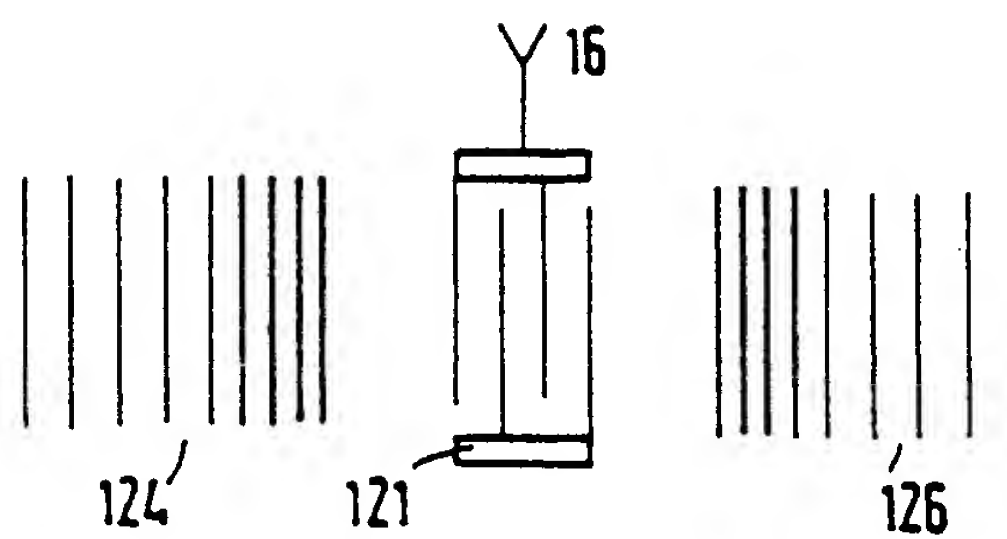


FIG 13

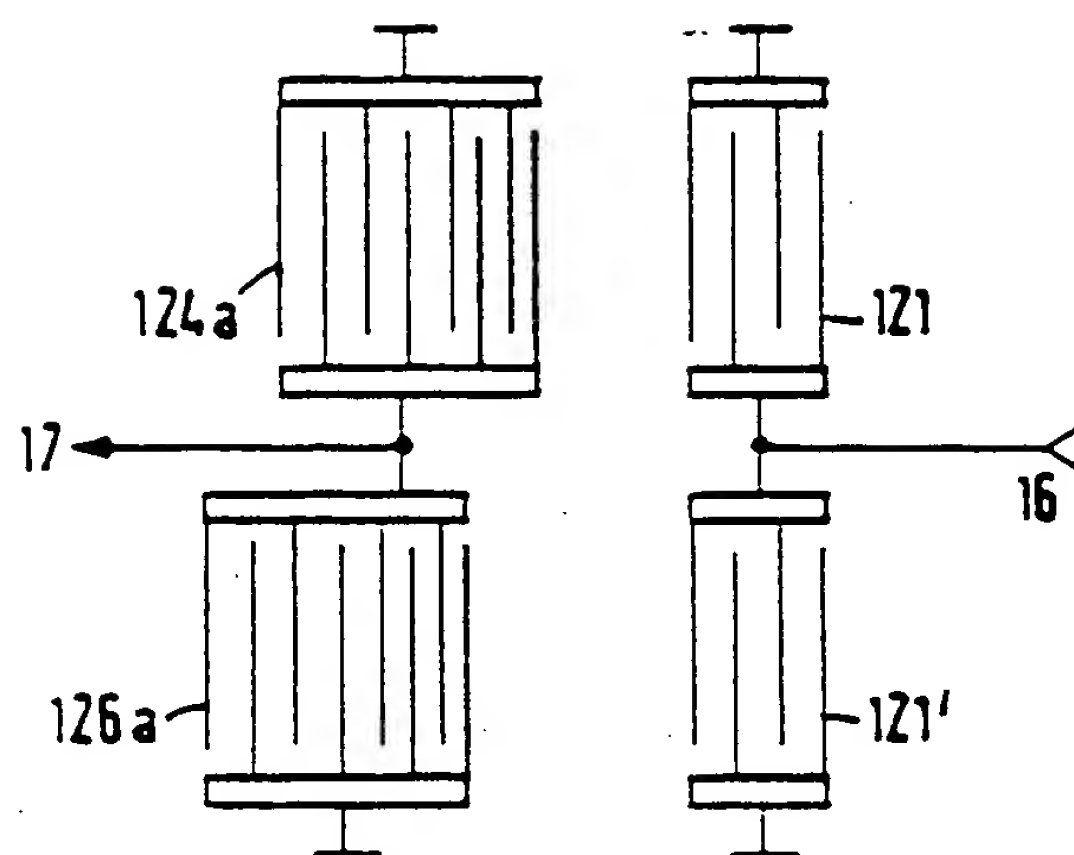


FIG 14

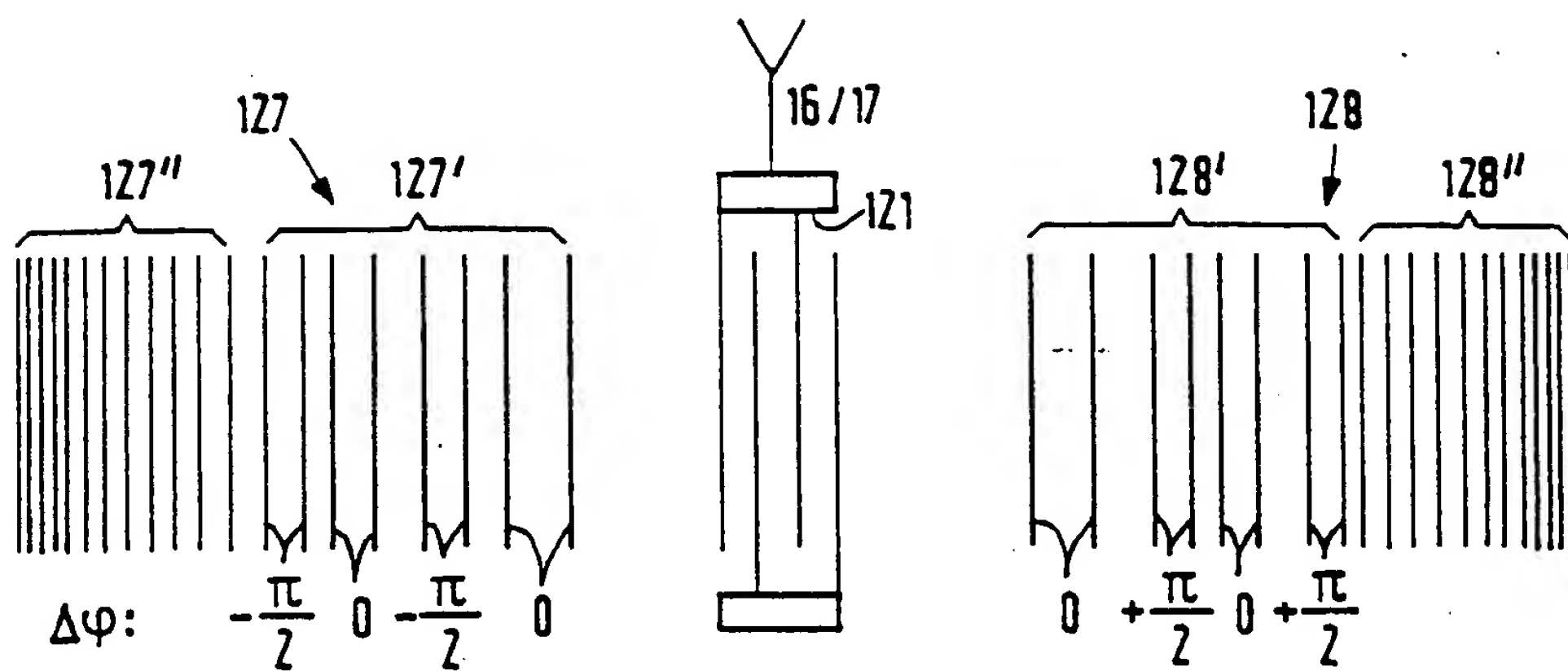
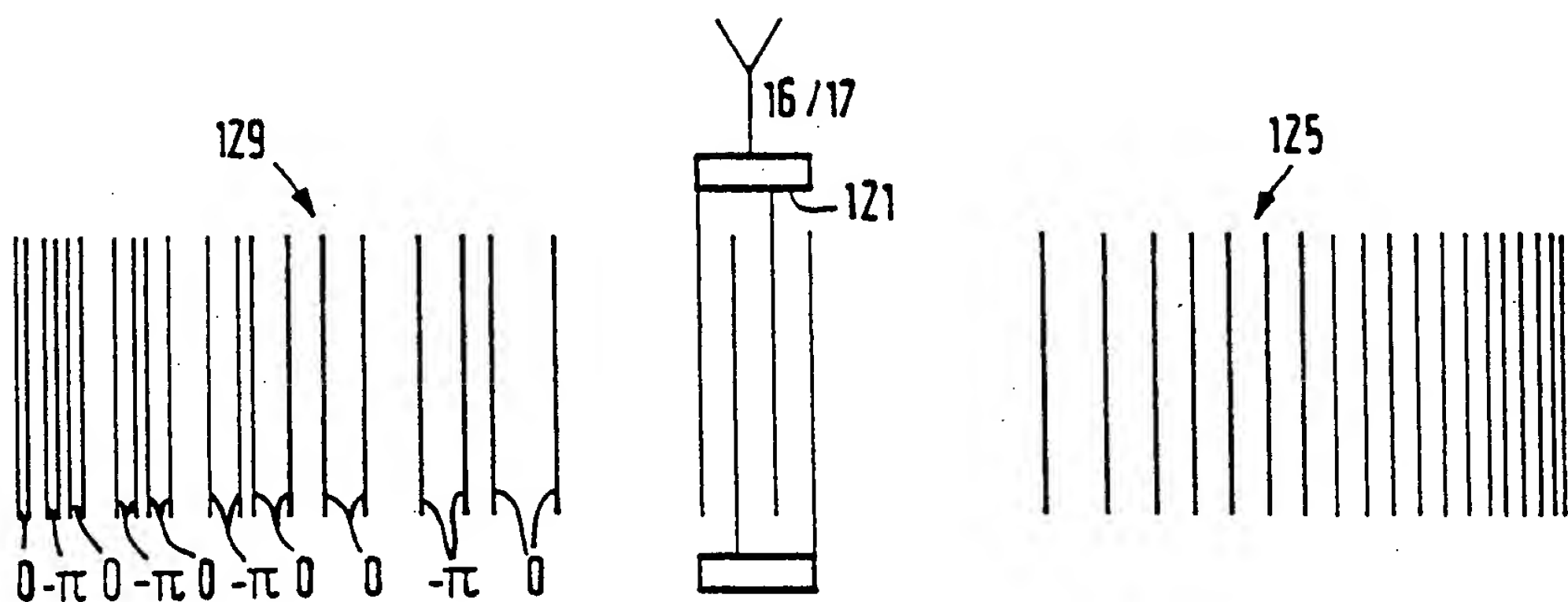


FIG 15



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/DE 92/01075

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 5 G06K7/10; G01S13/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 5 G06K ; G01S ; H03H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US,A,4 734 698 (NYSEN ET AL) 29 March 1988 see the whole document	1-3,13
A		4-12, 14-42
Y	REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS vol. 60, no. 7, July 1989, NEW YORK US pages 1297 - 1302 BOWERS ET AL "SURFACE ACOUSTIC-WAVE PIEZOELECTRIC CRYSTAL AEROSOL MASS MICROBALANCE" see page 1298, right hand column - page 1299, left hand column; figure 3	1-3,13
A	DE,A,3 438 051 (SKEIE ET AL) 24 April 1986 see the whole document	1-42

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 April 1993 (14.04.93)

Date of mailing of the international search report

11 May 1993 (11.05.93)

Name and mailing address of the ISA/
European Patent Office

Facsimile No.

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/DE 92/01075

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US, A, 4 620 191 (SKEIE) 28 October 1986 see the whole document	1-42
A	ELECTRONICS LETTERS vol. 23, no. 9, 23 April 1987, ENAGE GB pages 446 - 447 HOLCROFT ET AL "SURFACE-ACOUSTIC-WAVE DEVICE INCORPORATING CONDUCTING LANGMUIR- BLODGETT FILMS" see page 44; figure 1	1-3

ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT
ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO.

DE 9201075
SA 68266

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report.
The members are as contained in the European Patent Office EDP file on
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information. 14/04/93

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US-A-4734698	29-03-88	None	
DE-A-3438051	24-04-86	AU-B- 565454	17-09-87
		AU-A- 3400184	17-04-86
		CA-A- 1228911	03-11-87
		GB-A, B 2165424	09-04-86
		JP-C- 1658328	21-04-92
		JP-B- 3021876	25-03-91
		JP-A- 61104281	22-05-86
		ZA-A- 8407910	10-04-85
US-A-4620191	28-10-86	None	

I. KLASSIFIKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugeben) ⁶		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC Int.Kl. 5 G06K7/10; G01S13/02		
II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff ⁷		
Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole	
Int.Kl. 5	G06K ; G01S ; H03H	
Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen ⁸		
III. EINSCHLAGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN ⁹		
Art. ^o	Kennzeichnung der Veröffentlichung ¹¹ , soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile ¹²	Betr. Anspruch Nr. ¹³
Y	US,A,4 734 698 (NYSEN ET AL) 29. März 1988 siehe das ganze Dokument	1-3, 13
A	---	4-12, 14-42
Y	REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS Bd. 60, Nr. 7, Juli 1989, NEW YORK US Seiten 1297 - 1302 BOWERS ET AL 'SURFACE ACOUSTIC-WAVE PIEZOELECTRIC CRYSTAL AEROSOL MASS MICROBALANCE' siehe Seite 1298, rechte Spalte - Seite 1299, linke Spalte; Abbildung 3	1-3, 13
A	---	1-42
A	DE,A,3 438 051 (SKEIE ET AL) 24. April 1986 siehe das ganze Dokument	1-42

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen ¹⁰ : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "I" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
IV. BESCHEINIGUNG		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 14. APRIL 1993		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts 11. 05. 93
Internationale Recherchenbehörde EUROPAISCHES PATENTAMT		Unterschrift des bevollmächtigten Bediensteten FORLEN G.A.

III. EINSCHLAGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN (Fortsetzung von Blatt 2)		
Art °	Kennzeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US,A,4 620 191 (SKEIE) 28. Oktober 1986 siehe das ganze Dokument ---	1-42
A	ELECTRONICS LETTERS Bd. 23, Nr. 9, 23. April 1987, ENAGE GB Seiten 446 - 447 HOLCROFT ET AL 'SURFACE-ACOUSTIC-WAVE DEVICE INCORPORATING CONDUCTING LANGMUIR- BLODGETT FILMS' siehe Seite 446; Abbildung 1 -----	1-3

ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR.

DE 9201075
 SA 68266

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

14/04/93

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US-A-4734698	29-03-88	Keine	
DE-A-3438051	24-04-86	AU-B- 565454	17-09-87
		AU-A- 3400184	17-04-86
		CA-A- 1228911	03-11-87
		GB-A,B 2165424	09-04-86
		JP-C- 1658328	21-04-92
		JP-B- 3021876	25-03-91
		JP-A- 61104281	22-05-86
		ZA-A- 8407910	10-04-85
US-A-4620191	28-10-86	Keine	